spirax sarco

IL VAPORE NEGLI OSPEDALI

© Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

PREMESSA

I costi energetici nel nostro paese sono sempre più onerosi e incidono notevolmente sul bilancio delle Aziende; il fenomeno viene ancor più avvertito dalle nostre Aziende Sanitarie Locali ed impone uno sforzo assiduo e crescente nella riduzione dei costi ottenibile aumentando l'efficienza degli impianti tecnologici.
La voce **Vapore** rappresenta una incidenza notevole e non va quindi assolutamente trascurata.
Questa pubblicazione, frutto di una lunga esperienza della nostra società con consociate in tutto il mondo ed una esperienza diretta dell'impiego del Vapore nelle Aziende Ospedaliere, vuole avere lo scopo di aiutare i tecnici nella progettazione degli impianti di utilizzazione del vapore, per raggiungere una maggiore efficienza e riduzione dei costi oltre al miglioramento della qualità del Vapore utilizzato per i processi di Sterilizzazione e di Umidificazione dell'aria di climatizzazione dei centri di sterilizzazione e delle Sale operatorie.
L'esame diretto dei Vostri problemi, dei Vostri impianti ad opera dei nostri tecnici degli uffici centrali, di quelli regionali e dei nostri agenti, rimane il mezzo più diretto per discutere sui problemi e risolverli nel modo più corretto ed economico.

SEZ. 1 – INTRODUZIONE E CARATTERISTICHE DEL VAPORE
SEZ. 2 – DIMENSIONAMENTO TUBAZIONI VAPORE/CONDENSA, SCELTA SCARICATORI E ACCESSORI
SEZ. 3 – SCELTA E MONTAGGIO COMPENSATORI DI DILATAZIONE
SEZ. 4 – IL DRENAGGIO DI APPARECCHIATURE DI SCAMBIO TERMOREGOLATE
SEZ. 5 – CENTRALE TERMICA E SOTTOCENTRALI
SEZ. 6 – SOTTOCENTRALE VAPORE PULITO PER LA STERILIZZAZIONE E UMIDIFICAZIONE
SEZ. 7 – GRUPPI PACKAGES E PREMONTATI
SEZ. 8 – STEAM MANAGEMENT SOLUTION

INTRODUZIONE E CARATTERISTICHE FISICHE DEL VAPORE

INDICE

Argomento	Pagina
Introduzione	2
Che cos'è il vapore?	2
Entalpia del liquido	2
Entalpia di evaporazione	2
Entalpia totale	2
Frazione secca e entalpia	3
Relazione fra la temp. e la pressione	3
Vapore surriscaldato	3
Vantaggi del vapore	4
Qualità del vapore	4
Tabelle Entalpiche del Vapore	5
La giusta pressione e temperatura	12
Purezza	12
Vapore secco	12
Colpi d'ariete	12
Condensato e vapore di rievaporazione	13
Distribuzione del vapore	13
Nozioni fondamentali sui sistemi vapore	14
Approccio strutturato per l'ingegneria e progettazione di un impianto vapore	15
Visione d'insieme	15
Documenti contrattuali	15
Bilancio vapore	15
Raccolta delle corrette informazioni	16
Condizioni del vapore	16
Disegno funzionale di distribuzione	16
Specifiche funzionali	16
Pressione di esercizio	16
Distribuzione ad alta pressione	17
Diagramma a blocchi di un sistema vap.	17

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

INTRODUZIONE

Prima di prendere in esame la parte tecnologica che riguarda gli Impianti Vapore negli Ospedali riteniamo indispensabile richiamare dei concetti fondamentali riguardanti il Vapore, la rete di distribuzione, il recupero delle condense, i componenti necessari per la distribuzione del Vapore, mettere in evidenza gli inconvenienti derivanti dagli errori più frequenti che vengono commessi durante la realizzazione e/o la progettazione sia nella scelte delle apparecchiature e della loro installazione, con gravi conseguenze di efficienza, di produttività.

Il vapore è stato utilizzato come fluido di processo o trasmettitore di energia fin dai primi giorni della rivoluzione industriale. Al giorno d'oggi esso è ancora comunemente utilizzato nell'industria non solo per la produzione di energia meccanica (cioè turbine a vapore per produrre energia elettrica) ma anche per numerose applicazioni di riscaldamento e di produzione.

I vantaggi nell'utilizzazione del vapore come fluido di processo sono:

- E' di facile distribuzione e controllo
- Può essere utilizzato sia come medesimo fluido di processo per la generazione combinata di energia e/o di processo e/o riscaldamento.

In aggiunta l'acqua ed il vapore possiedono le seguenti rilevanti qualità:

- Essa è chimicamente stabile e non è pericolosa per la salute.
- L'acqua viene trasformata in vapore ad una temperatura ben inferiore a quella corrispondente ai limiti di impiego dei metalli costituenti una caldaia.
- Sia l'acqua che il vapore possono essere paragonati ad una spugna che assorbe calore e la trasformazione dell'acqua in vapore richiede un considerevole assorbimento di calore.

Per questo motivo i costi e le dimensioni degli impianti termici sono relativamente contenuti.

- Il vapore può fornire calore a qualsiasi tipo di processo perché condensa a temperatura costante ed ha un considerevole coefficiente di trasmissione di calore. La condensazione a temperatura costante elimina ogni gradiente di temperatura sulle superfici di trasmissione del calore stesso.

L'utilizzazione del vapore rappresenta un mezzo ideale per fornire esattamente la corretta quantità di energia termica al punto di utilizzazione e il vapore riesce a fare ciò in maniera efficiente senza che sia necessario utilizzare pompe di circolazione.

L'uso del vapore praticamente in ogni processo industriale e nei sistemi di riscaldamento è stato evidente per ben oltre cento anni e ciò è principalmente dovuto a:

- la sua elevata idoneità all'uso per riscaldamento
- la semplicità di distribuire questa energia termica a mezzo tubazioni
- la facilità di controllo.

I vantaggi forniti dall'utilizzo di vapore per i processi industriali e per il riscaldamento non possono essere sostituiti in modo soddisfacente da altri fluidi.

CHE COS'E' IL VAPORE?

Generare vapore significa riscaldare l'acqua fino al suo punto di ebollizione quindi aggiungervi ulteriore calore per trasformare l'acqua in ebollizione in vapore. Queste due fasi sono state chiamate in diversi modi nel corso degli anni e possono essere riportate nei termini che seguono:

Entalpia del liquido, calore sensibile o h_f .

E' il calore necessario per aumentare la temperatura dell'acqua fino a quella di ebollizione. Il termine calore sensibile veniva utilizzato perché il calore aggiunto all'acqua produceva una variazione di temperatura; invece il termine comunemente utilizzato al giorno d'oggi è entalpia del liquido.

La quantità di calore necessaria per fare aumentare la temperatura di 1 kg di acqua da 0 °C a quella di ebollizione può essere desunta dalle Tavole del Vapore riportate al termine di questa pubblicazione.

Ad esempio: alla pressione atmosferica (0 bar g) l'acqua bolle a 100 °C e 419 kj di energia sono necessari per riscaldare 1 kg di acqua da 0 °C alla sua temperatura di ebollizione di 100 °C.

Entalpia di evaporazione, calore latente o h_{fg} .

E' la quantità di calore necessaria per trasformare lo stato dell'acqua al suo punto di ebollizione in vapore.

Quando si aggiunge calore, non vi è alcuna variazione nella temperatura della miscela vapore/acqua e tutta l'energia viene impiegata per cambiare lo stato da liquido (acqua) in gas (vapore). Il meno recente termine calore latente era dovuto al fatto che sebbene si aggiungesse calore non vi era alcuna variazione di temperatura. Ad ogni buon conto, il termine oggi utilizzato è entalpia di evaporazione.

Ancora, la quantità di calore necessaria per evaporare 1 kg di acqua alla propria temperatura di evaporazione si trova nelle Tavole del Vapore delle pagine successive.

Ad esempio, alla pressione atmosferica (0 bar g), abbiamo bisogno di 2258 kj di energia per evaporare 1 kg di acqua a 100 °C in 1 kg di vapore a 100 °C.

Energia totale o h_g.

E' l'energia totale del vapore ed è ottenuta semplicemente sommando l'entalpia del liquido e quella dell'evaporazione. Anche questa informazione può essere trovata nelle Tavole del Vapore citate.

Ad esempio: alla pressione atmosferica (0 bar g), l'acqua va in ebollizione a 100 °C e sono necessari 419 kj di energia per riscaldare 1 kg di acqua da 0 °C alla propria temperatura di

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

ebollizione di 100°C. Altri 2258 kj di energia sono richiesti per evaporare 1 kg di acqua a 100 °C in 1 kg di vapore a 100 °C.
Quindi, per ottenere l'energia totale: 419 + 2258 = 2677 kj.

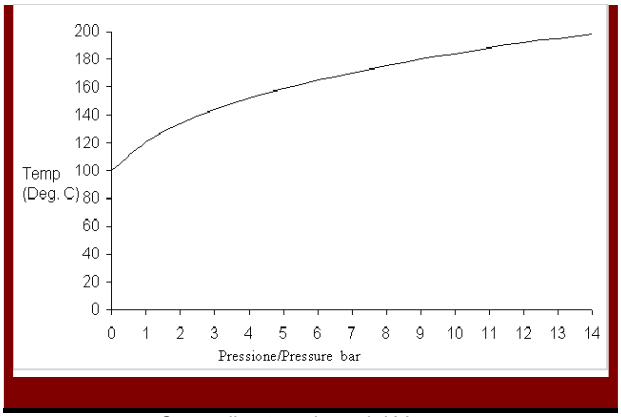
Pressione	Temper.	Entalpia kj/kg			Volume
Bar	°C	h_f Acqua	h_{fg} Evaporaz.	h_g Vapore	m^3/kg
0	100	419	2257	2676	1,673
1	120	506	2202	2708	0,881
2	134	562	2164	2726	0,603
3	144	605	2135	2740	0,461
4	152	671	2109	2750	0,374
5	159	641	2087	2758	0,315
6	165	697	2067	2764	0,272
7	170	721	2049	2770	0,240
8	175	744	2032	2776	0,215
9	180	763	2016	2779	0,194
10	184	782	2001	2783	0,177
11	188	799	1987	2786	0,163
12	192	816	1973	2789	0,151
13	195	831	1961	2792	0,141
14	198	846	1948	2794	0,132
15	201	860	1936	2796	0,124

La conversione dell'entalpia da kj/kg in kcal/h è:
kj/kg moltiplicato 0,2388459 = kcal/kg.
Quando il vapore trasferisce il proprio calore al processo, è l'entalpia di evaporazione che si trasferisce per prima. Il vapore tornerà poi a condensarsi in acqua alla medesima temperatura. Così possiamo affermare che l'entalpia di evaporazione è effettivamente l'energia data all'acqua alla temperatura di ebollizione per trasformarsi in vapore e poi estratta al processo nel momento in cui il vapore torna a condensarsi in acqua. Il vapore alla pressione atmosferica è di uso pratico alquanto limitato. Ciò è dovuto al fatto che esso non può essere convogliato sotto la propria pressione in una tubazione fino al punto di utilizzazione. Perciò, per venire utilizzato nella pratica deve essere generato in una **Caldaia** (impianto di generazione del vapore) ad una pressione che dipende dagli scopi per cui esso verrà impiegato. Qualora l'acqua venga tenuta ad una pressione superiore a quella atmosferica, affinchè si verifichi l'ebollizione sarà necessario che la sua temperatura superi i 100 °C.

Frazione secca ed Entalpia
Il vapore prodotto al punto di ebollizione corrispondente da una specifica pressione è chiamato **vapore saturo secco**, ma in realtà la produzione di vapore completamente secco in un impianto di caldaie industriali è un evento difficilmente realizzabile perchè normalmente il vapore generato contiene goccioline di acqua. Se il contenuto d'acqua nel vapore è il 10% in peso, allora si dice che il vapore è secco al 90% e ha una **frazione secca di 0,9.**

Quindi la vera entalpia di evaporazione (energia termica) del vapore non è il valore $\mathbf{h_{fg}}$ risultante dalle Tavole del Vapore, ma il prodotto della frazione secca **x** per $\mathbf{h_{fg}}$. La "vera" entalpia di evaporazione del vapore umido è il prodotto della frazione secca (x) e l'entalpia specifica (h_{fg}) che si ricava dalle Tavole del Vapore.
entalpia attuale = entalpia di evaporazione x frazione secca

Relazione tra la temperatura e la pressione del vapore.
Se osserviamo le Tavole del Vapore e tracciamo un diagramma della temperatura rispetto alla pressione, otteniamo la curva riportata nella figura. Questa curva è denominata **curva di saturazione**. L'acqua e il vapore possono coesistere a qualsiasi pressione sulla curva, essendo entrambi alla temperatura di ebollizione. L'acqua ed il vapore in tale stato di ebollizione (o di condensazione) sono denominati rispettivamente **acqua satura** e **vapore saturo**, perché sono saturi di energia termica. Se il vapore saturo non è in presenza di acqua satura, allora esso viene denominato **vapore saturo secco**.



Curva di saturazione del Vapore

Il vapore quando si trova sopra alla curva di saturazione è denominato vapore surriscaldato.La temperatura del vapore superiore a quella di saturazione è indicata come grado di surriscaldamento del vapore. L'acqua quando si trova al di sotto di tale curva è invece denominata acqua sub-satura.
Vapore surriscaldato.
Qualora il vapore prodotto in una caldaia fosse esposto ad una superficie con una temperatura maggiore, la temperatura del vapore stesso aumenterebbe fino a superare quella di evaporazione.
Il vapore allora verrebbe definito come **surriscaldato** di tanti gradi quanti quelli intercorrenti tra la sua temperatura attuale e quella di saturazione.
Il surriscaldamento non può essere dato al vapore fintanto che esso si trova all'interno della caldaia. Il vapore saturo deve passare attraverso uno

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

scambiatore di calore aggiuntivo in cui il mezzo di riscaldamento primario è normalmente costituito dai fumi caldi provenienti dalla combustione.
Il vapore surriscaldato viene utilizzato principalmente per la produzione di energia a mezzo turbine in cui il vapore viene diretto da ugelli su rotori appositamente previsti e sagomati.
Questo imprime al rotore un elevato moto di rotazione. L'energia necessaria per rendere possibile il movimento può provenire solamente dal vapore; perciò ne consegue che il vapore una volta che è passato attraverso il rotore, possiede meno energia. Se il vapore fosse alla
temperatura di saturazione, tale perdita di energia provocherebbe la condensazione di parte del vapore stesso. Inoltre, le turbine hanno sempre un certo numero di "stadi", per cui il vapore scaricato dalla prima sezione viene diretto ad una seconda sezione posta sullo stesso
albero e così via. Ciò significa che il vapore saturo diventerebbe sempre più umido al termine di ogni stadio successivo. Questo non solo comporterebbe dei colpi d'ariete all'interno della turbina, ma le particelle d'acqua causerebbero altresì una seria erosione sulle pale della turbina stessa.
Questa non è la sola ragione per cui in turbina si usa vapore surriscaldato: il vapore surriscaldato può essere infatti convogliato a velocità significativamente più elevate non solo attraverso i tubi, ma anche attraverso gli ugelli delle macchine.
Il vapore surriscaldato in una turbina di una centrale elettrica può essere ad esempio a 150 bar g ed a 550 °C, di cui oltre 200 °C sono di surriscaldamento. L'energia nella parte surriscaldata può essere determinata nel modo seguente:
hg per vapore saturo a 150 bar g = 2607 kj/kg
hg per vapore a 150 bar g/550 °C = 3445 kj/kg
per cui l'energia del surriscaldamento = 3445 - 2607 = 838 kj/kg

Vapore: I vantaggi

- In virtù del suo alto contenuto termico il vapore, per convogliare una data quantità di calore solitamente necessita di tubazioni di dimensioni più ridotte rispetto ai sistemi che usano fluidi liquidi. Ciò comporta un minor capitale investito.
- Le tubazioni per vapore sono relativamente leggere in peso. In un sistema ad acqua 50 metri di tubazione del diametro di 150 mm contengono 930 kg d'acqua; invece il peso del vapore a 6 bar g nella tubazione di uguale diametro e lunghezza è approssimativamente di 4 kg. Ciò naturalmente semplifica le strutture meccaniche di sostegno delle tubazioni.
- La portata di vapore è funzione della differenza di pressione sulla linea, non vi è quindi necessità di usare costose pompe di circolazione. E' vero che un impianto a vapore richiede pompe di alimento della caldaia e forse pompe di ritorno condensato ma il confronto è
sempre a favore del vapore.
- Il vapore è un fluido "flessibile" in quanto, entro i limiti della potenzialità produttiva del vapore stesso si possono aggiungere o togliere carichi senza sbilanciare l'impianto od alterarne la funzionalità. Quanto sopra non accade con impianti che usano fluidi liquidi in quanto questi sistemi necessitano di:

1. pompe a velocità variabile
2. sistemi di taratura e bilanciamento idraulico
3. controlli della pressione diffferenziale.

-Gli impianti a vapore non necessitano di valvole di regolazione a tre vie, ma il sistema viene normalmente controllato usando valvole a due vie.
-Il vapore presenta un certo numero di vantaggi per l'utenza finale:
-I coefficienti di scambio termico risultano spesso doppi rispetto a quelli corrispondenti di un impianto ad acqua; gli impianti a vapore sono quindi di dimensioni minori.
-Il vapore riempie tutti gli spazi disponibili a temperatura uniforme evitando così i costi relativi a deviatori o raddrizzatori di flusso. Temperature più basse sono prontamente ottenute con valvole riduttrici di pressione poste nel punto di utilizzo.
-La uniforme temperatura del vapore in tutti i processi industriali a scambio termico presenta vantaggi rispetto a sistemi ad olio ad alta temperatura oppure ad acqua surriscaldata poiché l'uso di questi fluidi presuppone l'accettazione di gradienti di temperatura sulle superfici di scambio. Questo è un notevole vantaggio in quei processi che richiedono una uniforme temperatura di scambio.

Qualità del vapore

Il vapore dovrebbe essere:

- disponibile al punto d'uso
- disponibile nella quantità necessaria
- a pressione ed a temperatura previste
- esente da aria e gas incondensabili
- esente da corpi estranei
- secco

Esaminiamo queste caratteristiche punto per punto.

La quantità necessaria deve:

corrispondere alle esigenze applicative. La quantità necessaria deve essere adeguatamente calcolata e le tubazioni devono essere dimensionate in modo idoneo.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Caratteristiche fisiche del vapore saturo - unità SI e ST

P_g = pressione al manometro
Pa = pressione assoluta
T = temperatura
V = volume specifico
h_f = entalpia specifica del liquido
h_{fg} = entalpia specifica di vaporizzazione
h_g = entalpia specifica del vapore saturo

P_g		Pa		T		V	h_f		h_{fg}		h_g	
bar	kg/cm²	bar	kg/cm²	K	°C	m³/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/k
		0,050	0,051	306,05	32,9	28,191	137,7	32,9	2425,0	579,2	2562,7	612,1
		0,100	0,102	318,95	45,8	14,674	191,8	45,8	2394,4	571,9	2586,2	617,7
		0,150	0,153	327,15	54,0	10,023	225,9	54,0	2374,8	567,2	2600,7	621,2
		0,200	0,204	333,15	60,0	7,650	251,5	60,1	2359,7	563,6	2611,2	623,7
		0,250	0,255	338,15	65,0	6,204	272,0	65,0	2347,5	560,7	2619,5	625,7
		0,300	0,306	342,25	69,1	5,229	289,3	69,1	2337,5	558,3	2626,8	627,4
		0,350	0,357	345,85	72,7	4,526	304,3	72,7	2328,7	556,2	2633,0	628,9
		0,400	0,408	349,05	75,9	3,994	317,6	75,9	2320,7	554,3	2638,3	630,2
		0,450	0,459	351,85	78,7	3,577	329,6	78,8	2313,6	552,6	2643,2	631,4
		0,500	0,510	354,45	81,3	3,240	340,5	81,4	2306,9	551,0	2647,4	632,4
		0,6	0,612	359,05	85,9	2,732	359,9	86,0	2295,2	548,2	2655,1	634,2
		0,7	0,714	363,05	89,9	2,365	376,7	90,0	2284,3	545,6	2661,0	635,6
		0,8	0,816	366,65	93,5	2,087	391,7	93,6	2275,5	543,5	2667,2	637,1
		0,9	0,918	369,85	96,7	1,869	405,2	96,8	2267,2	541,5	2672,4	638,3
		1,0	1,020	372,75	99,6	1,694	417,5	99,8	2259,2	539,6	2676,7	639,4
0	0	1,013	1,033	373,15	100,0	1,673	419,1	100,1	2258,4	539,4	2677,5	639,5
0,05	0,051	1,063	1,084	374,55	101,4	1,601	425,0	101,5	2254,2	538,4	2679,1	639,9
0,10	0,102	1,113	1,135	375,75	102,6	1,533	430,4	102,8	2251,2	537,7	2681,6	640,5
0,15	0,153	1,163	1,186	378,25	105,1	1,471	435,8	104,1	2247,9	536,9	2683,7	641,0
0,20	0,204	1,213	1,237	379,35	106,2	1,414	440,9	105,3	2245,0	536,2	2685,8	641,5
0,30	0,306	1,313	1,339	380,55	107,4	1,312	450,5	107,6	2238,7	534,7	2689,2	642,3
0,40	0,408	1,413	1,441	382,65	109,5	1,225	459,7	109,8	2232,8	533,3	2692,5	643,1
0,50	0,510	1,513	1,543	384,75	111,6	1,149	468,5	ill'9	2227,0	531,9	2695,5	643,8
0,60	0,612	1,613	1,645	386,65	113,5	1,038	476,5	113,8	2221,5	530,6	2698,0	644,4
0,70	0,714	1,713	1,747	388,55	115,4	1,024	484,4	115,7	2216,9	529,5	2701,3	645,2
0,80	0,816	1,813	1,849	390,25	117,1	0,971	491,9	117,5	2211,9	528,3	2703,8	645,8
0,90	0,918	1,913	1,951	391,95	118,8	0,923	499,1	119,2	2206,9	527,1	2705,9	646,3
1,00	1,020	2,013	2,053	393,55	120,4	0,881	505,8	120,8	2202,3	526,0	2708,0	646,8
1,10	1,122	2,113	2,155	395,05	121,9	0,841	512,5	122,4	2198,5	525,1	2711,0	647,5
1,20	1,224	2,213	2,257	396,55	123,4	0,806	519,2	124,0	2194,3	524,1	2713,5	648,1
1,30	1,326	2,313	2,359	398,05	124,9	0,773	525,0	125,4	2190,1	523,1	2715,1	648,5
1,40	1,428	2,413	2,461	399,45	126,3	0,743	530,9	126,8	2186,3	522,2	2717,2	649,0
1,50	1,530	2,513	2,563	400,75	127,6	0,714	536,3	128,1	2181,7	521,1	2718,1	649,2
1,60	1,632	2,613	2,664	402,05	128,9	0,689	542,2	129,5	2178,8	520,4	2721,0	649,9
1,70	1,733	2,713	2,766	403,25	130,1	0,665	547,2	130,7	2175,0	519,5	2722,3	650,2
1,80	1,835	2,813	2,868	404,55	131,4	0,643	552,7	132,0	2171,3	518,6	2723,9	650,6
1,90	1,937	2,913	2,970	405,65	132,5	0,622	557,7	133,2	2167,9	517,8	2725,6	651
2,00	2,039	3,013	3,072	406,85	133,7	0,603	562,7	134,4	2164,6	517,0	2727,3	651,4
2,20	2,243	3,213	3,276	409,05	135,9	0,568	571,9	136,6	2158,3	515,5	2730,2	652,1
2,40	2,447	3,413	3,480	411,15	138,0	0,536	581,1	138,8	2152,0	514,0	2733,1	652,8
2,60	2,651	3,613	3,684	413,15	140,0	0,509	589,5	140,8	2146,2	512,6	2735,7	653,
2,80	2,855	3,813	3,888	415,05	141,9	0,483	597,9	142,8	2140,3	511,2	2738,2	654,0
3,00	3,059	4,013	4,092	416,85	143,7	0,461	605,8	144,7	2134,8	509,9	2740,7	654,6
3,20	3,263	4,213	4,296	418,55	145,4	0,440	612,9	146,4	2129,4	508,6	2742,4	655,0
3,40	3,467	4,413	4,500	420,35	147,2	0,422	620,5	148,2	2124,4	507,4	2744,9	655,6
3,60	3,671	4,613	4,704	421,95	148,8	0,405	627,6	149,9	2118,9	506,1	2746,5	656,0
3,80	3,875	4,813	4,908	423,55	150,4	0,389	634,3	151,5	21 i 4,3	505,0	2748,6	656,5
4,00	4,079	5,013	5,112	425,15	152,0	0,374	641,0	153,1	2109,3	503,8	2750,3	656,9
4,20	4,283	5,213	5,316	426,55	153,4	0,361	647,3	154,6	2104,7	502,7	2752,0	657,3
4,40	4,487	5,413	5,520	427,95	154,8	0,348	653,6	156,1	2100,1	501,6	2753,7	657,7
4,60	4,691	5,613	5,724	429,35	156,2	0,336	659,8	157,6	2095,9	500,6	2755,8	658,2
4,80	4,895	5,813	5,928	430,75	157,6	0,325	665,7	159,0	2091,3	499,5	2757,0	658,5
5,00	5,099	6,013	6,131	432,05	158,9	0,315	671,1	160,3	2087,1	498,5	2758,3	658,8
5,50	5,608	6,513	6,641	435,25	162,1	0,292	685,0	163,6	2077,1	496,1	2762,0	659,7
6,00	6,118	7,013	7,151	438,15	165,0	0,272	697,9	166,7	2067,4	493,8	2765,4	660,5
6,50	6,628	7,513	7,661	440,95	167,8	0,255	710,1	169,6	2058,2	491,6	2768,3	661,2
7,00	7,138	8,013	8,171	443,65	170,5	0,240	721,8	172,4	2049,0	489,4	2770,8	661,8
7,50	7,648	8,513	8,681	446,15	173,0	0,227	733,1	175,1	2040,6	487,4	2773,8	662,5

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

P_g		Pa		T		V	h_f		h_{fg}		h_g	
bar	kg/cm²	bar	kg/cm²	K	°C	m³/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg
8,00	8,158	9,013	9,191	448355	175,4	0,215	743,6	177,6	2032,3	485,4	2775,8	663,0
8,50	8,667	9,513	9,700	450,85	177,7	0,204	753,6	180,0	2024,3	483,5	2777,9	663,5
9,00	9,177	10,013	10,210	453,15	180,0	0,194	763,3	182,3	2016,4	481,6	2779,6	663,9
9,50	9,687	10,513	10,720	455,25	182,1	0,185	772,9	184,6	2008,8	479,8	2781,7	664,4
10,00	10,197	11,013	11,230	457,25	184,1	0,177	782,1	186,8	2001,3	478,0	2783,4	664,8
11,00	11,217	12,013	12,250	461,15	188,0	0,163	799,3	190,9	1987,1	474,6	2786,3	665,5
12,00	12,236	13,013	13,269	464,85	191,7	0,151	815,6	194,8	1973,7	471,4	2789,2	666,2
13,00	13,256	14,013	14,289	468,25	195,1	0,141	831,1	198,5	1960,7	468,3	2791,8	666,8
14,00	14,276	15,013	15,309	471,45	198,3	0,132	845,7	202,0	1948,1	465,3	2793,9	667,3
15,00	15,296	16,013	16,328	474,55	201,4	0,124	859,6	205,3	1936,4	462,5	2795,9	667,8
16,00	16,315	17,013	17,348	477,55	204,4	0,117	872,9	208,5	1924,7	459,7	2797,6	668,2
17,00	17,335	18,013	18,368	480,35	207,2	0,110	885,5	211,5	1913,4	457,0	2798,9	668,5
18,00	18,355	19,013	19,388	483,05	209,9	0,105	897,6	214,4	1902,5	454,4	2800,1	668,8
19,00	19,374	20,013	20,407	485,65	212,5	0,100	909,4	217,2	1891,6	451,8	2801,0	669,0
20,00	20,394	21,013	21,427	488,15	215,0	0,095	921,1	220,0	1881,5	449,4	2802,6	669,4
21,00	21,414	22,013	22,447	490,45	217,3	0,090	932,0	222,6	1871,5	447,0	2803,5	669,6
22,00	22,433	23,013	23,466	492,75	219,6	0,087	942,4	225,1	1861,5	444,6	2803,9	669,7
23,00	23,453	24,013	24,486	494,95	221,8	0,083	952,9	227,6	1851,4	442,2	2804,3	669,8
24,00	24,473	25,013	25,506	497,15	224,0	0,080	963,0	230,0	1842,2	440,0	2805,2	670,0
25,00	25,493	26,013	26,525	499,25	226,1	0,077	972,6	232,3	1832,6	437,7	2805,2	670,0
26,00	26,512	27,013	27,545	501,25	228,1	0,0741	981,3	234,3	1821,6	435,0	2802,9	669,3
27,00	27,532	28,013	28,565	503,25	230,1	0,0714	990,5	236,5	1812,5	432,8	2803,0	669,4
28,00	28,552	29,013	29,585	505,15	232,0	0,0690	999,6	238,7	1803,6	430,7	2803,2	669,4
29,00	29,571	30,013	30,604	507,05	233,9	0,0667	1008,4	240,8	1794,9	428,6	2803,3	669,4
30,00	30,591	31,013	31,624	508,85	235,7	0,0645	1017,1	242,9	1786,2	426,5	2803,3	669,4
32,00	32,630	33,013	33,663	512,45	239,3	0,0606	1033,7	246,8	1769,3	422,5	2803,0	669,4
34,00	34,670	35,013	35,703	515,75	242,6	0,0571	1049,7	250,7	1752,8	418,6	2802,5	669,2
36,00	36,709	37,013	37,742	518,95	245,8	0,0539	1065,1	254,3	1736,8	414,7	2801,9	669,1
38,00	38,749	39,013	39,782	522,05	248,9	0,0511	1080,1	257,9	1721,0	411,0	2801,1	668,9
40,00	40,788	41,013	41,821	525,05	251,9	0,0485	1094,4	261,3	1705,6	407,3	2800,0	668,6
42,00	42,827	43,013	43,860	527,85	254,7	0,0462	1108,4	264,7	1690,5	403,7	2798,9	668,4
44,00	44,867	45,013	45,900	530,65	257,5	0,0441	1122,1	268,0	1675,6	400,1	2797,7	668,1
46,00	46,906	47,013	47,939	533,35	260,2	0,0421	1135,1	271,1	1661,0	396,6	2796,1	667,7
48,00	48,946	49,013	49,979	535,85	262,7	0,0403	1148,1	274,2	1646,6	393,2	2794,7	667,4
50,00	50,985	51,013	52,018	538,35	265,2	0,0386	1160,5	277,1	1632,3	389,8	2792,8	666,9
52,00	53,024	53,013	54,057	540,85	267,7	0,0371	1172,7	280,0	1618,3	386,5	2791,0	666,5
54,00	55,064	55,013	56,097	543,15	270,0	0,0356	1184,7	282,9	1604,4	383,1	2789,1	666,0
56,00	57,103	57,013	58,136	545,45	272,3	0,0343	1196,4	285,7	1590,7	379,9	2787,1	665,6
58,00	59,143	59,013	60,176	547,65	274,5	0,0330	1207,8	288,4	1577,2	376,6	2785,0	665,1
60,00	61,182	61,013	62,215	549,85	276,7	0,0319	1219,0	291,1	1563,8	373,4	2782,8	664,5
62,00	63,221	63,013	64,254	551,95	278,8	0,0308	1230,1	293,7	1550,4	370,2	2780,5	664,0
64,00	65,261	65,013	66,294	554,05	280,9	0,0297	1240,8	296,3	1537,2	367,1	2778,0	663,4
66,00	67,300	67,013	68,333	556,05	282,9	0,0287	1251,5	298,9	1524,2	364,0	2775,7	662,8
68,00	69,340	69,013	70,373	558,05	284,9	0,0278	1261,9	301,3	1511,2	360,9	2773,1	662,2
70,00	71,379	71,013	72,412	559,95	286,8	0,0269	1272,2	303,8	1498,2	357,8	2770,4	661,6
72,00	73,418	73,013	74,451	561,85	288,7	0,0261	1282,3	306,2	1485,4	354,7	2767,7	660,9
74,00	75,458	75,013	76,491	563,75	290,6	0,0253	1292,3	308,6	1472,7	351,7	2765,0	660,3
76,00	77,497	77,013	78,530	565,55	292,4	0,0246	1302,2	311,0	1460,0	348,6	2762,2	659,6
78,00	79,537	79,013	80,570	567,35	294,2	0,0239	1311,9	313,3	1447,3	345,6	2759,2	658,9
80,00	81,576	81,013	82,609	569,05	295,9	0,0232	1321,5	315,6	1434,8	342,6	2756,3	658,2
85,00	86,675	86,013	87,707	573,29	300,14	0,0216	1344,9	321,2.	1403,5	335,2	2748,4	656,3
90,00	91,773	91,013	92,806	577,33	304,18	0,0202	1367,7	326,6	1372,5	327,8	2740,2	654,4
95,00	96,872	96,013	97,904	581,20	308,05	0,0189	1390,0	331,9	1341,7	320,4	2731,7	652,3
100,00	101,970	101,013	103,003	584,92	311,77	0,0178	1411,7	337,1	1310,9	313,0	2722,6	650,2
110,00	112,167	111,013	113,200	591,95	318,80	0,0158	1453,9	347,2	1249,4	298,4	2703,3	645,5
120,00	122,364	121,013	123,397	598,48	325,33	0,0141	1494,9	357,0	1187,4	283,6	2682,3	640,5
130,00	132,561	131,013	133,594	604,64	331,49	0,0126	1535,0	366,6	1124,5	268,5	2659,5	635,1
140,00	142,758	141,013	143,791	610,42	337,27	0,0114	1574,5	376,0	1060,0	253,1	2634,5	629,1
150,00	152,955	151,013	153,988	615,88	342,73	0,0102	1613,9	385,4	993,3	237,2	2607,2	622,6
160,00	163,152	161,013	164,185	621,06	347,91	0,0092	1653,6	394,9	923,5	220,5	2577,1	615,4
170,00	173,349	171,013	174,382	625,97	352,82	0,0083	1694,2	404,6	849,4	202,8	2543,6	607,4
180,00	183,546	181,013	184,579	630,65	357,50	0,0074	1736,4	414,7	769,2	183,7	2505,6	598,3
190,00	193,743	191,013	194,776	635,11	361,96	0,0066	1781,5	425,4	679,7	162,3	2461,2	587,7
200,00	203,940	201,013	204,973	639,37	366,22	0,0058	1832,0	437,5	575,0	137,3	2407,0	574,8
219,537	223,862	220,55	224,895	647,13	373,98	0,003106	2086,0	498,1	0	0	2086,0	498,1

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Volume specifico del vapore surriscaldato in m^3/kg

P_g	Temperatura (°C)										
bar	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
1	1,074	1,121	1,168	1,215	1,262	1,309	1,355	1,401	1,448	1,494	1,540
2	0,714	0,746	0,778	0,809	0,841	0,872	0,904	0,935	0,966	0,997	1,028
3	0,533	0,557	0,582	0,606	0,630	0,653	0,677	0,701	0,724	0,748	0,771
4	0,424	0,444	0,464	0,483	0,503	0,522	0,541	0,560	0,579	0,598	0,616
5	0,352	0,369	0,385	0,402	0,418	0,434	0,450	0,466	0,482	0,498	0,513
6	0,300	0,315	0,329	0,343	0,357	0,371	0,385	0,399	0,413	0,426	0,440
7	0,261	0,274	0,287	0,300	0,312	0,324	0,336	0,349	0,361	0,373	0,384
8	0,231	0,243	0,254	0,265	0,277	0,288	0,299	0,309	0,320	0,331	0,341
9	0,206	0,217	0,228	0,238	0,248	0,258	0,268	0,278	0,288	0,297	0,307
10	0,186	0,196	0,206	0,216	0,225	0,234	0,243	0,252	0,261	0,270	0,279
11	0,170	0,179	0,188	0,197	0,206	0,214	0,223	0,231	0,239	0,247	0,255
12	0,155	0,165	0,173	0,181	0,190	0,197	0,205	0,213	0,220	0,228	0,235
13	0,143	0,152	0,160	0,168	0,175	0,183	0,190	0,197	0,204	0,211	0,218
14	0,133	0,141	0,149	0,156	0,163	0,170	0,177	0,184	0,190	0,197	0,204
15		0,131	0,139	0,146	0,153	0,159	0,166	0,172	0,178	0,184	0,191
16		0,123	0,130	0,137	0,143	0,149	0,156	0,162	0,168	0,173	0,179
17		0,115	0,122	0,129	0,135	0,141	0,147	0,152	0,158	0,164	0,169
18		0,109	0,115	0,121	0,127	0,133	0,139	0,144	0,149	0,155	0,160
19		0,102	0,109	0,115	0,121	0,126	0,131	0,137	0,142	0,147	0,152
20		0,097	0,103	0,110	0,115	0,120	0,125	0,130	0,135	0,140	0,144
22			0,0932	0,0987	0,1039	0,1088	0,1135	0,1182	0,1227	0,1271	0,1315
24			0,0847	0,0900	0,0949	0,0995	0,1040	0,1083	0,1125	0,1167	0,1207
26			0,0775	0,0826	0,0873	0,0917	0,0959	0,0999	0,1039	0,1077	0,1115
28			0,0712	0,0762	0,0807	0,0849	0,0888	0,0927	0,0964	0,1000	0,1036
30			0,0656	0,0705	0,0749	0,0789	0,0827	0,0864	0,0899	0,0933	0,0967
32				0,0656	0,0698	0,0737	0,0773	0,0808	0,0842	0,0874	0,0906
34				0,0611	0,0653	0,0690	0,0725	0,0759	0,0791	0,0822	0,0852
36				0,0571	0,0612	0,0649	0,0683	0,0715	0,0746	0,0775	0,0804
38				0,0535	0,0576	0,0612	0,0644	0,0675	0,0705	0,0733	0,0761
40				0,0502	0,0543	0,0578	0,0610	0,0640	0,0668	0,0696	0,0722
42				0,0472	0,0512	0,0547	0,0578	0,0607	0,0635	0,0661	0,0687
44				0,0444	0,0484	0,0519	0,0549	0,0578	0,0604	0,0630	0,0655
46					0,0459	0,0493	0,0523	0,0551	0,0577	0,0601	0,0625
48					0,0435	0,0469	0,0499	0,0526	0,0551	0,0575	0,0598
50					0,0413	0,0447	0,0476	0,0503	0,0527	0,0551	0,0573
55					0,0364	0,0398	0,0427	0,0452	0,0476	0,0498	0,0519
60					0,0322	0,0356	0,0385	0,0410	0,0432	0,0453	0,0473
65						0,0321	0,0349	0,0373	0,0395	0,0415	0,0434
70						0,0289	0,0318	0,0342	0,0363	0,0382	0,0400
75						0,0261	0,0290	0,0314	0,0335	0,0354	0,0371
80						0,0236	0,0266	0,0290	0,0310	0,0329	0,0346
85							0,0243	0,0268	0,0288	0,0306	0,0323
90							0,0223	0,0248	0,0269	0,0287	0,0303
95							0,0205	0,0230	0,0251	0,0269	0,0284
100							0,0188	0,0214	0,0235	0,0252	0,0268

Nota - P_g = pressione al manometro

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Entalpia specifica del vapore surriscaldato - Unità SI e ST

P_g		Temperatura											
		473,15K	200°C	493,15K	220°C	513,15K	240°C	533,15K	260°C	553,15K	280°C	573,15K	300°C
bar	kg/cm²	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg
1	1,02	2869,9	685,33	2910,1	694,94	2950,4	704,54	2990,6	714,15	3031,0	723,79	3071,4	733,44
2	2,04	2865,0	684,16	2905,9	693,94	2946,7	703,66	2987,4	713,38	3028,1	723,10	3068,9	732,85
3	3,06	2860,0	682,97	2901,6	692,91	2943,0	702,78	2984,2	712,62	3025,2	722,41	3066,3	732,22
4	4,08	2854,8	681,73	2897,3	691,89	2939,2	701,89	2980,9	711,83	3022,4	721,74	3063,7	731,60
5	5,10	2849,6	680,48	2892,8	690,81	2935,4	700,98	2977,6	711,04	3019,4	721,02	3061,2	731,01
6	6,12	2844,2	679,19	2888,3	689,74	2932,6	700,30	2974,2	710,23	3016,5	720,33	3058,5	730,36
7	7,14	2838,7	677,88	2883,7	688,64	2927,6	699,12	2970,8	709,42	3013,5	719,61	3055,9	729,74
8	8,16	2833,1	676,54	2879,0	687,51	2923,6	698,17	2967,4	708,60	3010,5	718,90	3053,3	729,1
9	9,18	2827,3	675,16	2874,2	686,37	2919,5	697,19	2963,9	707,77	3007,5	718,18	3050,6	728,47
10	10,20	2821,3	673,73	2869,3	685,20	2915,4	696,21	2960,4	706,93	3004,4	717,44	3047,9	727,83
11	11,22	2815,3	672,29	2864,4	684,03	2911,3	695,23	2956,8	706,07	3001,3	716,70	3045,2	727,19
12	12,24	2809,0	670,79	2859,3	682,81	2907,1	694,23	2953,2	705,21	2998,2	715,96	3042,5	726,54
13	13,26	2802,6	669,26	2854,1	681,57	2902,8	693,20	2949,6	704,35	2995,1	715,22	3039,7	725,8
14	14,28			2848,9	680,32	2898,4	692,15	2945,9	703,47	2991,9	714,46	3036,9	725,20
15	15,30			2843,5	679,03	2894,0	691,10	2942,2	702,59	2988,7	713,69	3034,1	724,53
16	16,32			2838,0	677,72	2889,5	690,02	2938,4	701,68	2985,5	712,93	3031,3	723,87
17	17,33			2832,4	676,38	2884,9	688,92	2934,5	700,77	2982,2	712,14	3028,5	723,20
18	18,35			2826,6	675,00	2880,3	687,82	2930,6	699,84	2978,9	711,35	3025,6	722,50
19	19,37			2820,8	673,61	2875,5	686,68	2926,7	698,91	2975,6	710,56	3022,7	721,81
20	20,39			2814,8	672,18	2870,7	685,53	2922,7	697,95	2972,2	709,75	3019,8	721,12
22	22,43					2860,9	683,19	2914,6	696,02	2965,4	708,13	3013,9	719,71
24	24,47					2850,7	680,75	2906,3	694,03	2958,4	706,45	3008,0	718,30
26	26,51					2840,1	678,22	2897,7	691,98	2951,3	704,76	3001,9	716,84
28	28,55					2829,0	675,57	2888,9	689,88	2944,0	703,02	2995,7	715,36
30	30,59					2817,5	672,82	2879,8	687,71	2936,5	701,22	2989,4	713,86
32	32,63							2870,5	685,48	2928,8	699,40	2983,0	712,33
34	34,67							2860,9	683,19	2921,0	697,53	2976,5	710,78
36	36,71							2850,9	680,80	2913,0	695,64	2969,8	709,19
38	38,75							2840,6	678,34	2904,9	693,69	2963,1	707,58
40	40,79							2830,0	675,80	2896,5	691,68	2956,2	705,93
42	42,83							2818,9	673,16	2887,9	689,63	2949,1	704,25
44	44,87							2807,4	670,41	2879,0	687,52	2942,0	702,54
46	46,91									2869,9	685,34	2885,3	689,01
48	48,95									2860,6	683,11	2927,2	699,02
50	50,99									2851,0	680,82	2919,6	697,20
55	56,08									2825,6	674,76	2899,8	692,48
60	61,18									2797,8	668,12	2878,8	687,47
65	66,28											2856,5	682,14
70	71,38											2832,6	676,42
80	81,58												
90	91,77												
100	101,97												
110	112,17												
120	122,36												
130	132,56												
140	142,76												
150	152,96												
160	163,15												
170	173,35												
180	183,55												
190	193,74												
200	203,94												

Nota: P_g = pressione al manometro

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Temperatura														P_g
593,15K	320°C	613,15K	340°C	633,15K	360°C	653,15K	380°C	673,15K	400°C	723,15K	450°C	773,15K	500°C	
kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	bar
3112,0	743,14	3152,8	752,89	3193,8	762,68	3235,0	772,52	3276,4	782,40	3381,0	807,38	3487,1	832,72	1
3109,8	742,61	3150,8	752,41	3191,9	762,23	3233,3	772,11	3274,9	782,05	3379,7	807,07	3486,1	832,48	2
3107,5	742,06	3148,7	751,91	3190,1	761,80	3231,6	771,71	3273,3	781,66	3378,5	806,79	3485,0	832,22	3
3105,2	741,51	3146,6	751,41	3188,2	761,34	3229,9	771,30	3271,7	781,28	3377,2	806,48	3483,9	831,96	4
3102,8	740,94	3144,5	750,91	3186,3	760,89	3228,2	770,89	3270,2	780,92	3375,9	806,16	3482,9	831,72	5
3100,5	740,40	3142,4	750,41	3184,4	760,43	3226,4	770,46	3268,6	780,54	3374,6	805,85	3481,8	831,45	6
3098,1	739,83	3140,3	749,90	3182,5	759,98	3224,7	770,06	3267,0	780,16	3373,3	805,54	3480,7	831,19	7
3095,8	739,28	3138,2	749,40	3180,6	759,53	3222,9	769,63	3265,4	779,78	3372,0	805,23	3479,6	830,93	8
3093,4	738,70	3136,1	748,90	3178,6	759,05	3221,2	769,22	3263,8	779,40	3370,7	804,92	3478,6	830,69	9
3091,0	738,12	3133,9	748,38	3176,7	758,60	3219,4	768,79	3262,2	779,01	3369,4	804,61	3477,5	830,43	10
3088,6	737,55	3131,8	747,87	3174,7	758,12	3217,7	768,39	3260,6	778,63	3368,1	804,30	3476,4	830,16	11
3086,2	736,98	3129,6	747,35	3172,8	757,66	3215,9	767,96	3259,0	778,25	3366,8	803,99	3475,3	829,90	12
3083,8	736,40	3127,4	746,82	3170,8	757,19	3214,1	767,53	3257,3	777,84	3365,5	803,68	3474,2	829,64	13
3081,3	735,81	3125,2	746,30	3168,9	756,73	3212,3	767,10	3255,7	777,46	3364,2	803,37	3473,1	829,38	14
3078,8	735,21	3123,0	745,77	3166,9	756,26	3210,5	766,67	3254,1	777,08	3362,8	803,04	3472,0	829,11	15
3076,3	734,61	3120,8	745,25	3164,9	755,78	3208,7	766,24	3252,4	776,67	3361,5	802,73	3470,9	828,85	16
3073,9	734,04	3118,6	744,72	3162,9	755,30	3206,9	765,81	3250,8	776,29	3360,2	802,42	3469,9	828,61	17
3071,3	733,42	3116,4	744,20	3160,9	754,82	3205,1	765,38	3249,2	775,91	3358,9	802,11	3468,8	828,35	18
3068,8	732,82	3114,1	743,65	3158,9	754,35	3203,3	764,95	3247,5	775,50	3357,5	801,77	3467,7	828,09	19
3066,3	732,22	3123,2	745,82	3156,9	753,87	3201,5	764,52	3245,9	775,12	3356,2	801,46	3466,6	827,82	20
3061,1	730,98	3107,3	742,02	3152,8	752,89	3197,8	763,63	3242,5	774,31	3353,5	800,82	3464,4	827,30	22
3055,9	729,74	3102,7	740,92	3148,7	751,91	3194,1	762,75	3239,2	773,52	3350,9	800,19	3462,2	826,77	24
3050,6	728,48	3098,1	739,83	3144,6	750,93	3190,4	761,87	3235,8	772,71	3348,2	799,55	3459,9	826,22	26
3045,3	727,21	3093,4	738,70	3140,4	749,93	3186,7	760,98	3232,4	771,90	3345,5	798,91	3457,7	825,70	28
3039,8	725,91	3088,6	737,55	3136,2	48,92	3182,9	760,07	3229,0	771,08	3342,7	798,24	3455,5	825,17	30
3034,3	724,59	3083,8	736,40	3131,9	747,90	3179,1	759,16	3225,6	770,27	3340,0	797,59	3453,2	824,63	32
3028,8	723,27	3078,9	735,25	3127,6	746,88	3175,2	758,24	3222,1	769,44	3337,2	796,93	3451,0	824,10	34
3023,1	721,92	3074,0	734,08	3123,3	745,84	3171,4	757,32	3218,6	768,61	3334,5	796,27	3448,7	823,56	36
3017,4	720,55	3069,1	732,89	3118,9	744,79	3167,5	756,39	3215,1	767,77	3331,7	795,62	3446,5	823,02	38
3011,5	719,15	3064,0	731,69	3114,5	743,74	3163,5	755,45	3211,6	766,94	3329,0	794,96	3444,2	822,48	40
3005,6	717,74	3058,9	730,47	3110,0	742,67	3159,6	754,51	3208,1	766,09	3326,2	794,29	3441,9	821,93	42
2999,6	716,31	3053,8	729,24	3105,5	741,60	3155,6	753,55	3204,5	765,23	3323,4	793,62	3439,6	821,38	44
2993,5	714,85	3048,6	728,00	3101,0	740,51	3151,6	752,60	3200,9	764,37	3320,5	792,94	3437,3	820,84	46
2987,4	713,38	3043,3	726,74	3096,4	739,41	3147,5	751,63	3197,3	763,51	3317,7	792,26	3435,0	820,29	48
2981,1	711,88	3038,0	725,47	3091,8	738,31	3143,5	750,66	3193,7	762,65	3314,9	791,59	3432,7	819,74	50
2964,9	708,01	3024,3	722,20	3080,0	735,50	3133,2	748,21	3184,5	760,46	3307,7	789,88	3427,0	818,37	55
2948,0	703,98	3010,2	718,84	3067,9	732,62	3122,6	745,67	3175,1	758,21	3300,4	788,14	3421,1	816,97	60
2930,4	699,78	2995,7	715,37	3055,5	729,65	3111,8	743,10	3165,6	755,95	3293,2	786,42	3415,3	815,57	65
2911,9	695,35	2980,6	711,76	3042,8	726,61	3100,8	740,46	3155,9	753,62	3285,8	784,64	3409,3	814,14	70
2871,9	685,81	2948,6	704,13	3016,2	720,26	3078,0	735,03	3136,0	748,87	3270,7	781,04	3397,3	811,27	80
2826,9	675,06	2914,0	695,86	2988,0	713,53	3054,1	729,32	3115,3	743,94	3255,3	777,36	3385,1	808,37	90
2774,9	662,65	2876,1	686,81	2957,9	706,35	3029,1	723,35	3093,9	738,82	3239,5	773,59	3372,7	805,40	100
2712,4	647,72	2834,1	676,78	2925,6	698,63	3002,8	717,06	3071,6	733,49	3223,4	769,74	3360,1	802,40	110
		2786,4	665,40	2890,7	690,30	2974,9	710,41	3048,3	727,94	3206,9	765,80	3347,4	799,36	120
		2730,9	652,14	2852,6	681,20	2945,4	703,36	3024,0	722,14	3190,0	761,77	3334,4	796,25	130
		2662,7	635,86	2810,5	671,15	2913,9	695,84	2998,6	716,07	3172,6	757,62	3321,3	793,12	140
				2762,7	659,74	2880,0	687,75	2971,9	709,68	3154,8	753,36	3307,9	789,93	150
				2707,7	646,60	2843,4	679,00	2943,8	702,98	3136,6	749,02	3294,3	786,68	160
				2640,8	630,61	2803,5	669,47	2914,1	695,89	3117,9	744,55	3280,6	783,40	170
						2759,3	658,93	2882,6	688,37	3098,7	739,97	3266,6	780,05	180
						2695,8	643,76	2849,0	680,34	3079,0	735,25	3252,3	776,66	190
						2506,3	598,51	2813,0	671,74	3058,7	730,42	3237,9	773,22	200

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Calore specifico del vapore surriscaldato - unità SI e ST

P_g		Temperatura											
bar	kg/cm²	180°C		200°C		220°C		240°C		260°C		280°C	
		kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C
1	1,02	1,986	0,474	1,982	0,473	1,980	0,473	1,981	0,473	1,985	0,474	1,992	0,476
2	2,04	2,082	0,497	2,070	0,494	2,060	0,492	2,052	0,490	2,048	0,489	2,046	0,488
3	3,06	2,167	0,517	2,146	0,512	2,128	0,508	2,112	0,504	2,100	0,502	2,091	0,499
4	4,08	2,238	0,534	2,210	0,528	2,184	0,522	2,162	0,516	2,143	0,512	2,127	0,508
5	5,10	2,297	0,549	2,262	0,540	2,229	0,532	2,201	0,526	2,176	0,520	2,154	0,514
6	6,12	2,344	0,560	2,302	0,550	2,263	0,540	2,229	0,532	2,199	0,525	2,173	0,519
7	7,14	2,379	0,568	2,329	0,556	2,285	0,546	2,246	0,536	2,212	0,528	2,184	0,521
8	8,16	2,401	0,573	2,345	0,560	2,296	0,548	2,253	0,538	2,216	0,529	2,185	0,522
9	9,18	2,411	0,576	2,349	0,561	2,295	0,548	2,249	0,537	2,209	0,528	2,178	0,520
10	10,20			2,341	0,559	2,283	0,545	2,234	0,533	2,193	0,524	2,162	0,516
11	11,22			2,416	0,577	2,340	0,559	2,276	0,543	2,223	0,531	2,182	0,521
12	12,24			2,494	0,596	2,399	0,573	2,319	0,554	2,254	0,538	2,204	0,526
13	13,26			2,574	0,615	2,461	0,588	2,365	0,565	2,287	0,546	2,227	0,532
14	14,28			2,657	0,634	2,524	0,603	2,412	0,576	2,321	0,554	2,250	0,537
15	15,30					2,589	0,618	2,461	0,588	2,356	0,563	2,275	0,543
16	16,32					2,656	0,634	2,511	0,600	2,393	0,571	2,301	0,549
17	17,33					2,725	0,651	2,563	0,612	2,430	0,580	2,327	0,556
18	18,35					2,795	0,668	2,616	0,625	2,469	0,590	2,355	0,562
19	19,37					2,867	0,685	2,670	0,638	2,509	0,599	2,383	0,569
20	20,39					2,940	0,702	2,725	0,651	2,550	0,609	2,412	0,576
22	22,43					3,090	0,738	2,840	0,678	2,634	0,629	2,473	0,590
24	24,47							2,958	0,706	2,722	0,650	2,536	0,606
26	26,51							3,081	0,736	2,814	0,672	2,603	0,622
28	28,55							3,207	0,766	2,909	0,695	2,672	0,638
30	30,59							3,338	0,797	3,007	0,718	2,744	0,655
32	32,63							3,473	0,829	3,109	0,743	2,819	0,673
34	34,67									3,215	0,768	2,897	0,692
36	36,71									3,325	0,794	2,978	0,711
38	38,75									3,440	0,821	3,063	0,732
40	40,79									3,559	0,850	3,152	0,753
42	42,83									3,684	0,880	3,244	0,775
44	44,87									3,814	0,911	3,341	0,798
46	46,91											3,443	0,822
48	48,95											3,551	0,848
50	50,99											3,664	0,875
55	56,08											3,977	0,950
60	61,18											4,343	1,037
65	66,28												
70	71,38												
75	76,48												
80	81,58												
85	86,67												
90	91,77												
95	96,87												
100	101,97												

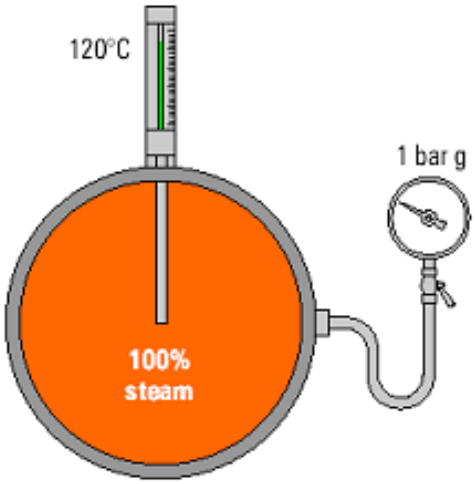
Nota - P_g = pressione al manometro

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Temperatura												P_g
300°C		320°C		340°C		360°C		380°C		400°C		bar
kJ/k°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	kJ/kg°C	kcal/kg°C	
2,002	0,478	2,014	0,481	2,029	0,485	2,047	0,489	2,068	0,494	2,092	0,500	1
2,046	0,489	2,050	0,490	2,056	0,491	2,065	0,493	2,077	0,496	2,091	0,499	2
2,084	0,498	2,080	0,497	2,079	0,496	2,081	0,497	2,085	0,498	2,093	0,500	3
2,114	0,505	2,104	0,502	2,097	0,501	2,094	0,500	2,093	0,500	2,096	0,501	4
2,137	0,510	2,122	0,507	2,112	0,504	2,105	0,503	2,101	0,502	2,102	0,502	5
2,152	0,514	2,135	0,510	2,122	0,507	2,113	0,505	2,109	0,504	2,109	0,504	6
2,160	0,516	2,141	0,511	2,128	0,508	2,120	0,506	2,117	0,505	2,119	0,506	7
2,160	0,516	2,142	0,512	2,130	0,509	2,124	0,507	2,124	0,507	2,130	0,509	8
2,154	0,514	2,137	0,510	2,128	0,508	2,126	0,508	2,131	0,509	2,144	0,512	9
2,139	0,511	2,126	0,508	2,121	0,506	2,125	0,507	2,138	0,511	2,160	0,516	10
2,154	0,514	2,137	0,510	2,132	0,509	2,138	0,511	2,157	0,515	2,187	0,522	11
2,169	0,518	2,148	0,513	2,142	0,512	2,151	0,514	2,175	0,519	2,213	0,529	12
2,184	0,522	2,160	0,516	2,153	0,514	2,164	0,517	2,193	0,524	2,239	0,535	13
2,201	0,526	2,172	0,519	2,164	0,517	2,176	0,520	2,210	0,528	2,264	0,541	14
2,218	0,530	2,184	0,522	2,175	0,519	2,189	0,523	2,226	0,532	2,288	0,546	15
2,236	0,534	2,197	0,525	2,186	0,522	2,201	0,526	2,243	0,536	2,311	0,552	16
2,254	0,538	2,211	0,528	2,197	0,525	2,213	0,528	2,258	0,539	2,334	0,557	17
2,273	0,543	2,224	0,531	2,208	0,527	2,225	0,531	2,274	0,543	2,356	0,563	18
2,293	0,548	2,239	0,535	2,220	0,530	2,236	0,534	2,289	0,547	2,377	0,568	19
2,313	0,552	2,253	0,538	2,231	0,533	2,248	0,537	2,30,d	0,550	2,397	0,573	20
2,356	0,563	2,283	0,545	2,255	0,539	2,271	0,542	2,332	0,557	2,437	0,582	22
2,400	0,573	2,315	0,553	2,279	0,544	2,294	0,548	2,359	0,563	2,474	0,591	24
2,447	0,584	2,348	0,561	2,305	0,550	2,317	0,553	2,386	0,570	2,510	0,599	26
2,497	0,596	2,383	0,569	2,331	0,557	2,340	0,559	2,411	0,576	2,544	0,607	28
2,548	0,608	2,419	0,578	2,357	0,563	2,363	0,564	2,436	0,582	2,576	0,615	30
2,602	0,621	2,457	0,587	2,385	0,570	2,386	0,570	2,461	0,588	2,608	0,623	32
2,658	0,635	2,497	0,596	2,414	0,576	2,410	0,576	2,485	0,593	2,638	0,630	34
2,716	0,649	2,538	0,606	2,444	0,584	2,434	0,581	2,509	0,599	2,668	0,637	36
2,777	0,663	2,581	0,616	2,475	0,591	2,459	0,587	2,533	0,605	2,698	0,644	38
2,841	0,678	2,626	0,627	2,507	0,599	2,484	0,593	2,558	0,611	2,727	0,651	40
2,907	0,694	2,673	0,638	2,540	0,607	2,510	0,599	2,583	0,617	2,757	0,658	42
2,977	0,711	2,722	0,650	2,575	0,615	2,537	0,606	2,608	0,623	2,788	0,666	44
3,050	0,728	2,773	0,662	2,611	0,624	2,565	0,613	2,635	0,629	2,820	0,673	46
3,127	0,747	2,827	0,675	2,649	0,633	2,594	0,619	2,662	0,636	2,853	0,681	48
3,208	0,766	2,883	0,688	2,688	0,642	2,624	0,627	2,691	0,643	2,888	0,690	50
3,430	0,819	3,035	0,725	2,794	0,667	2,705	0,646	2-768-	0,661	2,985	0,713	55
3,685	0,880	3,208	0,766	2,910	0,695	2,794	0,667	2,857	0,682	3,101	0,740	60
3,981	0,951	3,403	0,813	3,040	0,726	2,892	0,691	2,960	0,707	3,243	0,774	65
4,325	1,033	3,625	0,866	3,184	0,760	3,002	0,717	3,080	0,735	3,417	0,816	70
4,728	1,129	3,878	0,926	3,343	0,798	3,123	0,746	3,219	0,769	3,630	0,867	75
5,201	1,242	4,167	0,995	3,519	0,840	3,257	0,778	3,381	0,807	3,890	0,929	80
		4,497	1,074	3,713	0,887	3,404	0,813	3,568	0,852	4,206	1,004	85
		4,875	1,164	3,928	0,938	3,564	0,851	3,783	0,903	4,584	1,095	90
		5,305	1,267	4,164	0,994	3,739	0,893	4,029	0,962	5,035	1,202	95
		5,796	1,384	4,424	1,056	3,928	0,938	4,309	1,029	5,567	1,329	100

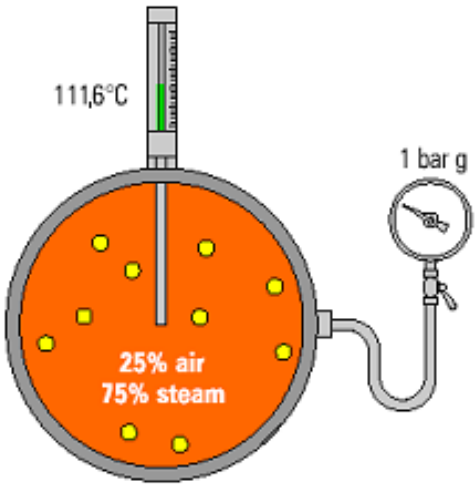
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

La giusta pressione e temperatura
La pressione disponibile del vapore letta al manometro può essere un parametro non sufficiente per una valutazione reale e veritiera. Se il vapore contiene aria e gas incondensabili la temperatura del vapore potrebbe non corrispondere alla temperatura di saturazione indicata sulle Tavole del Vapore.Quando l'aria è mescolata al vapore il contenuto termico di un determinato volume di vapore
è minore rispetto a quello di un corrispondente volume di vapore saturo. Ciò significa che abbiamo a disposizione vapore a temperatura minore di quella prevista.



Pertanto un' apparecchio , in presenza di aria mista con vapore, non funzionerà correttamente e non assicurerà la potenzialità prevista per lo scambio termico.
Vapore esente da aria e gas in condensabili.
La presenza di aria è fonte di problemi poiché la lettura della pressione può, in questo caso, fuorviare l'operatore in quanto la temperatura non può essere riferita alla pressione letta. Inoltre l'aria costituisce una barriera nella trasmissione del calore.

Purezza
Vi sono alcune fonti di impurità in tutti i sistemi di produzione e distribuzione del vapore.
•trasporto di solidi dall'acqua di caldaia derivanti da una cattiva conduzione della caldaia.
•incrostazioni delle tubazioni.
•residui di saldature e frammenti di guarnizioni.
•eccesso di paste e materiali di tenuta impropriamente applicati a giunzioni filettate o flangiate.
Tutte queste sostanze indesiderate peggiorano il rendimento e sono detrimento della continuità operativa degli impianti a vapore. Questo perchè:
•l'eccesso di sostanze di trattamento dell'acqua di caldaia si depositeranno sulle superfici di scambio riducendo il gradiente di trasmissione del calore e la resa dell'apparecchio.
•scaglie di incrostazioni delle tubazioni unitamente alle altre sostanze estranee possono influire sul regolare funzionamento delle valvole di regolazione e degli scaricatori di condensa. L'installazione di **filtri di linea** rappresenta la migliore protezione contro queste impurità.
•La protezione contro i trascinamenti provocati dal trattamento dell'acqua non viene effettuata dai filtri di linea bensì con l'utilizzo di separatori in linea.

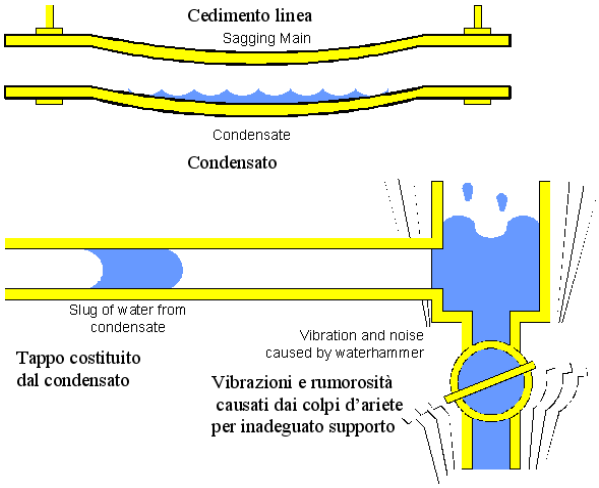


Vapore secco
Nell'introduzione si è visto che la
presenza di acqua nel vapore riduce l'energia termica per unità di massa del vapore stesso (entalpia di evaporazione).
Ne consegue che il vapore dovrebbe essere il più secco possibile.
Oltre alla riduzione dell'energia termica per unità di massa le goccioline di acqua trascinate dal vapore aggiungono una pellicola liquida stagnante sulla superficie di scambio, riducendo il coefficiente di scambio termico e la resa totale.

Colpi d'Ariete
L'acqua formatasi per condensazione si raccoglie e ristagna in tutti i punti più bassi della tubazione: ai piedi delle risalite, in corrispondenza di accessori o raccordi male installati ed in ogni avvallamento della tubazione creatosi vuoi per inadeguatezza dei supporti o per il cedimento di punti di ancoraggio. Si forma quindi una ostruzione che viene messa in movimento, sospinta dal vapore, e scagliata violentemente contro il primo ostacolo incontrato a valle, valvola od altro apparecchio o componente come illustrato.
Questa massa, in movimento a velocità fino a 30 m/s ed anche più, acquista una considerevole quantità di energia cinetica che viene rilasciata

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

durante l'impatto causando sovrappressioni istantanee, elevata rumorosità e vibrazione: l'insieme è denominato e noto come "colpo d'ariete" che è in grado di danneggiare, spesso anche gravemente, le tubazioni e le apparecchiature connesse.



Condensato e vapore di rievaporazione.

Condensato

In un impianto a vapore ben progettato, l'energia termica che inevitabilmente non può essere utilizzata può essere recuperata dal condensato.

Il vapore che dalla caldaia fluisce ai punti di utilizzo attraverso le tubazioni perde una piccola parte della sua energia termica per irraggiamento che causa la condensazione di una certa quantità di vapore.Il condensato così formatosi deve essere rimosso dalle tubazioni perché ha un basso coefficiente di scambio termico. La condensa viene raccolta tramite appositi scaricatori automatici. Questa energia termica può quindi essere riutilizzata.

Vapore di rievaporazione

Noi sappiamo che il vapore utilizzato in un processo termico viene prodotto e distribuito ad una pressione superiore a quella atmosferica. Se osserviamo l'estratto delle Tavole del Vapore riportato , possiamo vedere che il condensato risultante dall'utilizzo del vapore a pressione superiore a quella atmosferica è:

a temperatura maggiore di quella di ebollizione dell'acqua a pressione atmosferica.

Ne consegue che quando il condensato ad alta temperatura viene scaricato tramite gli scaricatori di condensa in apparecchi a pressione più bassa esso non può esistere come acqua ma deve rievaporare in parte. Naturalmente non tutta la condensa rievaporerà ma solo una porzione tornerà a trasformarsi in vapore e la quantità dipende dalla pressione esistente nella linea di scarico.

Questa porzione è funzione della temperatura di monte e della pressione a valle ed è indicata dalle curve di rievaporazione.

Il vapore ottenuto per **rievaporazione** ha le stesse caratteristiche che si otterrebbero per il vapore prodotto aggiungendo energia all'acqua satura e mantenendo la pressione costante: non è diverso dal cosiddetto **vapore vivo.** Vapore è vapore!

In tutti i sistemi a vapore bisogna sempre cercare di ottenere il massimo rendimento ed il vapore di rievaporazione dovrebbe venir separato dal condensato per essere usato quale vapore a bassa pressione.

Ciascun kg di vapore ottenuto in questo modo è un kg di vapore che non deve essere fornito direttamente dalla caldaia.

Distribuzione del Vapore

Introduzione

In questo manuale sono descritti i metodi usati per la distribuzione del vapore dal luogo di produzione al punto di utilizzo. Il luogo di produzione può essere una centrale termica oppure il punto di consegna di un impianto di cogenerazione. Le caldaie della centrale termica possono utilizzare combustibili primari (ad es. nafta pesante, gasolio, gas naturale, carbone ecc.) oppure essere caldaie a ricupero che utilizzano gas di scarico di processi industriali ad alta temperatura, di motori oppure di inceneritori. Qualunque sia il modo di produzione del vapore, un buon sistema di distribuzione è essenziale per assicurare un vapore di appropriata qualità e pressione e nella prevista quantità agli apparecchi utilizzatori finali. Discuteremo inoltre alcune delle scelte che devono essere fatte ed alcune applicazioni che possono presentare problemi arrivando a proporre soluzioni che si sono dimostrate razionali ed efficaci.

Vedremo inoltre come sia importante mantenere secco il vapore saturo durante la sua distribuzione per ottenere il massimo risultato nelle applicazioni relative a scambiatori di calore oppure per riscaldamento di ambienti.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Nozioni fondamentali sui sistemi vapore.

Per chi non è molto informato di questi problemi chiediamo di comprendere che cosa sia un sistema di distribuzione vapore ed un circuito Vapore/Condensa. Il flusso del vapore in un circuito è dovuto alla condensazione del vapore stesso, la condensazione provoca una riduzione di volume ed una caduta di pressione. Questa caduta di pressione causa il flusso del vapore nelle tubazioni.

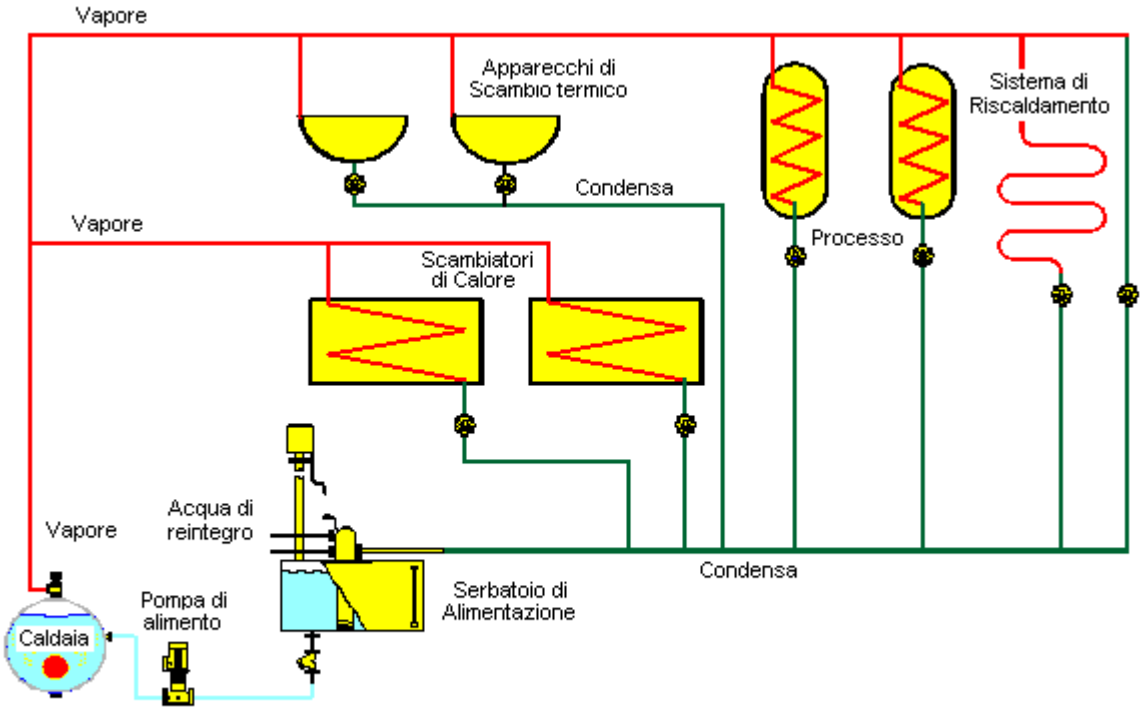
Il vapore generato da una caldaia deve essere distribuito attraverso tubazioni fino al punto nel quale è richiesta la sua energia termica. All'inizio della distribuzione vi possono essere una o più tubazioni principali le quali convogliano il vapore nella direzione in cui sono localizzati gli utilizzatori.

Da queste tubazioni principali sono derivate tubazioni secondarie (generalmente di diametro minore) che sono collegate alle singole apparecchiature che utilizzano il vapore.

Allorché si apre la valvola di caldaia (necessariamente in modo lento) il vapore passa immediatamente dalla caldaia nelle tubazioni principali. Queste tubazioni sono inizialmente fredde per cui il vapore cede parte del suo calore riscaldandole. Anche l'aria circostante le tubazioni è inizialmente fredda, cosicché le tubazioni iniziano a disperdere energia termica nell'aria.

Questa dispersione causa una ulteriore condensazione del vapore (chiamata "carico o perdita di esercizio") in aggiunta a quella del vapore condensato per il riscaldamento iniziale della tubazione stessa (chiamata "carico di avviamento " oppure "perdita di riscalda- mento").

Il condensato risultante si raccoglie sul fondo della tubazione e viene trascinato sia dal flusso di vapore che per gravità, in virtù di una adeguata pendenza che si assicura alla tubazione lungo la direzione del flusso stesso. Il condensato dovrà quindi essere scaricato dal punto più basso della tubazione principale. All'apertura della valvola di intercettazione del vapore dell'apparecchio utilizzatore il vapore entra nell'apparecchio stesso e viene in contatto con superfici più fredde alle quali cede il suo calore (o entalpia) di evaporazione riscaldando l'apparecchio (carico di avviamento) continuando poi a trasferire energia termica al processo (carico di esercizio) e naturalmente diventa condensato. Vi è quindi un flusso continuo di vapore dalla caldaia per alimentare l'apparecchio e per mantenere questo flusso si deve generare continuamente vapore. La continuità del processo è ottenuta alimentando proporzionalmente la caldaia sia con combustibile che con acqua per integrare quella che è stata trasformata in vapore.



Circuito tipico Vapore

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

APPROCCIO STRUTTURATO PER L'INGEGNERIA E PROGETTAZIONE DI UN IMPIANTO VAPORE

Lo studio e la progettazione ottimale di un sistema vapore sono elementi importanti di ogni efficiente circuito e distribuzione vapore. E' importante iniziare con un modello vapore supportato dalla migliore esperienza e procedura che permetta una chiara visione della distribuzione, delle varie applicazioni e di ogni vincolo operativo. Ogni attività di progettazione trarrà vantaggio dall'implementazione di modelli e procedure. La modellazione sarà in grado di assicurare l'ottimizzazione della risposta del sistema alle varie esigenze dell'utenza migliorandone le caratteristiche operazionali. I seguenti punti rappresentano una concisa identificazione degli elementi focali di un efficiente sistema vapore e delle relative apparecchiature di processo:

- Visione d'insieme
- Esigenze contrattuali / bilancio vapore
- Raccolta delle corrette informazioni
- P&I funzionale e disegni di disposizione
- Specifiche funzionali
- Disegni di dettaglio
- Dimensionamento tubazioni vapore
- Dimensionamento linee condensa
- Caratteristiche degli apparecchi
- Apparecchiature e packages
- Linee guida per l'installazione

Considerazioni operazionali-manutentive

Visione d'insieme

L'ignorare l'utilizzo di regole fondamentali, o la mancanza di appropriate specifiche per la scelta delle corrette soluzioni, può condurre a inconvenienti prematuri od a sistemi con problemi prestazionali.

I più comuni problemi impiantistici comprendono:

- Errate pressioni vapore
- Portate insufficienti od eccessive
- Colpi d'ariete
- Imprecisione nelle regolazioni
- Rotture premature
- Accumulo di sporcizia e scorie
- Scelta errata dei sistemi di drenaggio
- Problemi di contropressione nelle linee condense, inclusi non appropriati ritorni sopraelevati.

Documento contrattuale

Il documento contrattuale è determinante per la valutazione del tipo di ingegneria richiesta. Infatti deriva dalla esatta valutazione di tale documento, lo sviluppo dei disegni preliminari delle linee di distribuzione del vapore e delle linee di condensa. Le applicazioni del vapore, in genere vanno divise in :

1. Utilizzo su fluidi puliti.
2. Utilizzo su fluidi sporchi o contaminanti.
    1. Per utilizzo su fluidi puliti generalmente si intende tutte le applicazioni dove il vapore riscalda un fluido non contaminante e dove una eventuale perdita del fluido riscaldato nelle linee di ritorno condense non inquina il sistema.
    2. Per utilizzo su fluidi sporchi generalmente si intende tutte le applicazioni dove il vapore riscalda un fluido contaminante e dove una eventuale perdita del fluido riscaldato nelle linee di ritorno condense inquina il sistema.

I due tipi di utilizzi devono arrivare separatamente al pozzo caldo come si può osservare dal diagramma a blocchi di seguito riportato. Le condense, se sporche, non possono essere utilizzate come acqua alimento. Particolare attenzione si deve porre inoltre alle prescrizioni particolari del Cliente che in certi casi, per ragioni di cautela, può richiedere prestazioni molto più restrittive, delle normali norme di progettazione. Tali limitazioni possono ad esempio interessare codici richiesti, le velocità massime ammissibili nelle linee vapore / condensa, limiti di rumorosità (dBA), etc.

Bilancio vapore

La determinazione del bilancio vapore deve essere accurata sia per i sevizi puliti che per quelli sporchi. Tanto più è accurato il bilancio tanto più preciso potrà essere il dimensionamento della rete di distribuzione. Il bilancio deve fornire la domanda massima e minima del vapore tenendo conto della efficienza della generazione e del massimo recupero di calore dal condensato.

Raccolta delle corrette informazioni

E' importante considerare attentamente le caratteristiche di tutti i componenti che dovranno essere selezionati per i vari processi. L'utente finale dovrà fornire al costruttore delle valvole di controllo le portate minime, massime e di normale lavoro per ogni utenza. Ugualmente importanti sono i dati operativi di apparecchiature ed accessori quali scambiatori di calore, sistemi di drenaggio condense ed altre apparecchiature connesse. D'altro canto, per ogni processo applicativo, dovranno essere forniti criteri che guidino la scelta ed il dimensionamento. Si dovranno definire e fornire al costruttore le seguenti informazioni utili alla scelta appropriata ed al dimensionamento degli scambiatori di calore e delle apparecchiature associate.

<u>Condizioni di processo:</u>

- Fluido o vapore di processo
    - Portata massima
    - Portata minima
    - Portata normale di lavoro
- Pressione del processo
    - Pressione di processo

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

- Massima perdita di carico accettabile

Condizioni del vapore

- Pressione e temperatura del vapore
  - Pressione di progetto
  - Pressione massima
  - Pressione minima
  - Pressione normale di lavoro
- Portata del vapore
  - Portata di progetto
  - Portata massima
  - Portata minima
  - Portata normale di lavoro
- Portata di ritorno delle condense
  - Portata di progetto
  - Portata massima
  - Portata minima
  - Portata normale di lavoro

Disegno funzionale di distribuzione

Si inizia inserendo in un disegno, preferibilmente in modo topografico, tutti gli utenti che devono essere alimentati e tutte le apparecchiature complementari facenti parte del circuito (cassa osservazione condense, pozzo caldo, riscaldatori, etc.). Dopo aver indicato gli utenti e le apparecchiature si passa alla fase di collegamento degli utenti al collettore o all'anello principale di distribuzione. Tenendo sempre conto della topografia del sistema e partendo dal collettore od anello di distribuzione si collegano i vari utenti con i rami di distribuzione cercando di utilizzare la strada più breve. Un ramo di distribuzione, ovviamente può (generalmente deve) alimentare più utenti. Una volta alimentati tutti gli utenti si percorre la strada a ritroso e sempre in modo possibilmente topografico si collegano gli utenti ai collettori dei ritorni o condense. I collettori, come abbiamo visto, sono di due tipi: per le condense sporche e le condense pulite. Le condense sporche saranno convogliate in un Serbatoio per essere raffreddate a circa 35°C prima di essere convogliate agli scarichi mentre le condense pulite saranno convogliate direttamente al pozzo caldo.

Il diagramma a blocchi seguente indica a grandi linee come si potrebbe presentare il lay-out di un sistema con inseriti solamente utenti e tubazioni.

Specifiche funzionali

Questi documenti definiscono gli obiettivi funzionali di ciascun utilizzatore o prodotto compresi i componenti meccanici,parte elettrica ed eventuale software. Questi documenti costituiscono le specifiche di base per i fornitori.

Pressione di esercizio

Il sistema di distribuzione del vapore è il collegamento essenziale fra il sistema di produzione e l'utilizzatore del vapore stesso. Esso deve fornire vapore della migliore qualità alla pressione necessaria ed alla portata richiesta, con le minori possibili dispersioni di energia termica e naturalmente dovrà poter essere realizzato a costi contenuti. Noi sappiamo che per i processi industriali e per il riscaldamento si deve usare vapore saturo secco (non surriscaldato) e questo sarà il nostro obiettivo. La pressione nel sistema di distribuzione del vapore è determinata dalla pressione più alta richiesta dalle utenze nel punto dell'impianto in cui si trovano; dobbiamo tuttavia ricordare che il vapore che fluisce nelle tubazioni perderà parte della sua pressione a causa della resistenza al flusso e che parte di esso condenserà a causa delle dispersioni di linea. Tutti questi fattori devono essere attentamente considerati quando si decide quale deve essere la pressione iniziale del sistema di distribuzione.

Riassumendo, nella scelta della pressione di esercizio dobbiamo considerare la:

- Pressione richiesta dalle utenze nel punto di utilizzo
- Caduta di pressione lungo la linea (per attrito)
- Dispersione di energia termica della linea

Noi sappiamo che maggiore è la pressione del vapore, minore è il suo volume specifico. Ne consegue che producendo vapore ad una pressione più elevata di quella richiesta dalle utenze e distribuendolo a questa pressione saranno sufficienti tubazioni di diametro più piccolo a parità di portata richiesta.

Distribuzione ad alta pressione

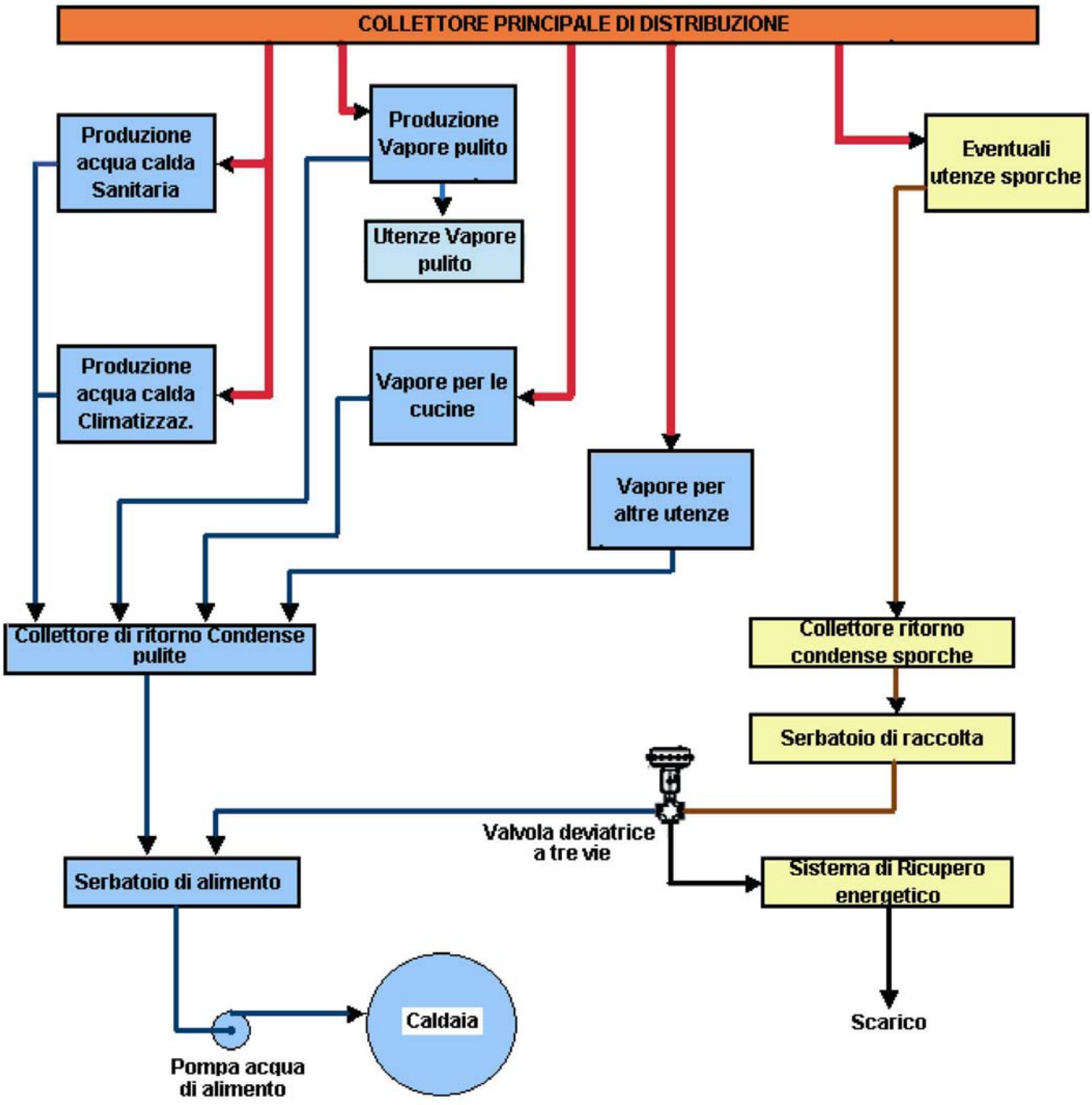
Distribuendo vapore ad alta pressione dovremo poi ridurre la pressione nel punto di utilizzo secondo le necessità delle utenze e della tecnologia del processo produttivo.

I vantaggi che ne conseguono sono i seguenti:

1. Sono necessarie tubazioni di minore diametro, la cui minore superficie causerà minore perdita di energia termica (si veda la sezione "Calcolo dello scambio di energia termica" e l'influenza dell'aumento di t e di p).
2. Si riducono i costi delle tubazioni del vapore, sia dei materiali (tubazioni, flangie, raccordi, supporti, ecc.) che della manodopera.
3. Si riducono anche i costi delle coibentazioni.
4. Si ottiene vapore più secco nel punto di utilizzo a causa dell'effetto di evaporazione dell'umidità conseguente alla riduzione di pressione.
5. Il generatore di vapore può funzionare a pressione maggiore, corrispondente al suo migliore rendimento
6. Si aumenta il volume di energia del generatore di vapore, il che permette al generatore stesso di affrontare efficientemente variazioni di carico senza il pericolo di proiezioni e trascinamenti liquidi .

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Diagramma a blocchi di un sistema Vapore - ritorno Condense di un Ospedale



 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

DIMENSIONAMENTO TUBAZIONI VAPORE E CONDENSA
GUIDA ALLA SCELTA DI SCARICATORI DI CONDENSA E DEGLI ACCESSORI DI LINEA

INDICE

Argomento	Pagina
Dimensionamento tubazioni vapore	2
Portata delle tubaz. e perdite di carico	4
Tubazioni di deviazione e scarichi	7
Diagrammi per il dimensionam. tubazioni	8 – 9
Linee di ritorno condense	**10**
Dimens. Tubazioni adduzione allo scaric.	11
Tubazioni di scarico dagli scaricatori	11
Dimens. In funzione del vapore di rievap.	12
Consideraz. sul dimenz. tubaz. condensa	13
Tubazioni vapore	**16**
Punti di drenaggio e riduzioni tubazioni	16
Derivazioni verso il basso	18
Percorrenza in salita	18
Scelta degli scaricatori di condensa	19
Tipi di scaricatori di condensa	20
Scaricatore termodinamico	20
Scaricatore a galleggiante sferico	21
Scaricatore a secchiello rovesciato	21
Scaricatore termostatico	21
Colpi d'ariete	21
Invaso di vapore	22
Accessori	22
Valvole a sfera	23
Valvole a soffietto	23
Valvole a farfalla	23
Valvole a pistone	24
Valvole di ritegno	24
Filtri	24
Separatori di condensa	25
Eliminatori d'aria	26
Spie visive	26
Rompivuoto	**26**

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

DIMENSIONAMENTO TUBAZIONI VAPORE

Nel dimensionamento delle tubazioni esiste la tendenza naturale di scegliere il diametro delle tubazioni pari al diametro degli attacchi delle utenze cui collegare l'adduzione del vapore.Si trascura il fatto che spesso queste dimensioni sono previste per condizioni di pressione e di portata diverse da quelle effettivamente usate**. Il**

SOVRADIMENSIONAMENTO delle tubazioni comporta che:

• le tubazioni costeranno più del necessario
• si formerà un maggior volume di condensato a causa delle maggiori perdite
• si avrà scadente qualità del vapore e di energia termica di scambio dovuta al maggior volume di condensato (si veda la sezione "Principi fondamentali del vapore")
• si avranno maggiori perdite di energia termica.

Ad esempio si è calcolato che il costo di installazione di una tubazione del diametro di 80 mm è superiore del 44% del costo di installazione di una tubazione del diametro di 50 mm che sarebbe stata di capacità adeguata alle necessità. Il costo della coibentazione di una tubazione di 80 mm è del 21% maggiore di quello di una tubazione di 50 mm ed inoltre le perdite di energia termica sono maggiori del 50%.

Il

SOTTODIMENSIONAMENTO delle tubazioni comporta che:

• maggiore velocità del vapore, maggiore caduta di pressione e quindi pressione più bassa di quella richiesta al punto di utilizzo
• insufficiente volume di vapore al punto di utilizzo
• maggiori rischi di erosione e di colpi d'ariete (quindi inquinamento acustico) dovuti alla maggiore velocità del vapore.

Le dimensioni delle tubazioni possono essere scelte sulla base di:

• velocità del fluido
• caduta di pressione.

In ciascuno dei casi sopracitati è buona cosa verificare sia la velocità del fluido sia la caduta di pressione in modo da assicurarsi che i limiti relativi non siano stati superati. Il dimensionamento delle tubazioni secondo la velocità del fluido è basato sul volume totale del vapore fluente nella tubazione (si ricordi che il volume specifico varia al variare della pressione), essendo uguale all'area della sezione della tubazione per la velocità:

Se conosciamo la portata massica e la pressione del vapore possiamo facilmente calcolare la corrispondente portata volumetrica (m^3/s). Adottando una accettabile velocità del vapore (m/s) possiamo calcolare la sezione della tubazione (e quindi il diametro) richiesta per la portata considerata.

$$\frac{m^3}{s} = m^2 \cdot \frac{m}{s}$$

Capacità delle tubazioni alle velocità specifiche

Un esempio tipico dell'aumento di capacità delle tubazioni vapore è mostrato a pag. 9 (portate delle tubazioni alle velocità specifiche) dove viene indicato che la capacità delle tubazioni aumenta con l'aumentare di:

• Velocità, per le ragioni evidenziate.
• Pressione, poiché con l'aumentare della pressione si ha una diminuzione del volume specifico (il vapore quindi occupa meno volume della tubazione). Il diagramma della capacità delle tubazioni è pertanto una guida utile quale primo approccio,essendo basato soltanto sulla velocità del vapore: il campo da 25 a 40 m/s è generalmente adatto a linee di derivazione corte ed una velocità attorno a 15-20 m/s è generalmente adatta alle tubazioni principali di distribuzione.

Spessore delle tubazioni e diametri standard

Lo spessore delle tubazioni comunemente usate è basato su quelli formulati dall'American Petroleum Institute (API), secondo il quale allo spessore è associato un numero di "schedula". Queste "schedule" corrispondono alle pressioni nominali delle tubazioni;
sono undici: 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160. Ad esempio, per una tubazione di diametro nominale di150 mm (6 inches) o di diametro minore è specificata la "schedula 40".
Solamente le "schedule 40" e "80" coprono interamente i diametri nominali da 15 mm (1/2 inches) a 600 mm (24 inches). La "schedula" più comunemente usata nelle installazioni di tubazioni di vapore è la "schedula 40" oppure la "schedula 80". Le norme internazionali riportano le tabelle delle "schedule" mettendo a disposizione del progettista diametri nominali e spessori in millimetri delle tubazioni da utilizzare. Lo spessore delle tubazioni deve essere calcolato usando l'equazione:

$$t = \frac{p \cdot D}{20S+p}$$

dove:

t = spessore in millimetri relativo alla pressione interna di progetto
p = pressione interna di progetto in bar (105 N/mm^2)
D = diametro esterno della tubazione in millimetri
S = carico di sicurezza di progetto in N/mm^2 (MN/m^2).

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Pressure	Velocity	Pipe Size Nominal / Actual Inside Diameter Schedule 40										
Bar	m/s	15 15.8	20 20.93	25 26.64	32 35.04	40 40.9	50 52.5	65 62.7	80 77.92	100 102.26	125 128.2	150 154.05
0.4	15	9	15	25	43	58	95	136	210	362	569	822
	25	14	25	41	71	97	159	227	350	603	948	1369
	40	23	40	66	113	154	254	363	561	965	1517	2191
0.7	15	10	18	29	51	69	114	163	251	433	681	983
	25	17	30	49	85	115	190	271	419	722	1135	1638
	40	28	48	78	136	185	304	434	671	1155	1815	2621
1	15	12	21	34	59	81	133	189	292	503	791	1142
	25	20	35	57	99	134	221	315	487	839	1319	1904
	40	32	56	91	158	215	354	505	779	1342	2110	3046
2	15	18	31	50	86	118	194	277	427	735	1156	1669
	25	29	51	83	144	196	323	461	712	1226	1927	2782
	40	47	82	133	230	314	517	737	1139	1961	3083	4451
3	15	23	40	65	113	154	254	362	559	962	1512	2183
	25	38	67	109	188	256	423	603	931	1603	2520	3639
	40	61	107	174	301	410	676	964	1490	2565	4032	5822
4	15	28	50	80	139	190	313	446	689	1186	1864	2691
	25	47	83	134	232	316	521	743	1148	1976	3106	4485
	40	75	132	215	371	506	833	1189	1836	3162	4970	7176
5	15	34	59	96	165	225	371	529	817	1408	2213	3195
	25	56	98	159	276	375	619	882	1362	2347	3688	5325
	40	90	157	255	441	601	990	1411	2180	3755	5901	8521
6	15	39	68	111	191	261	430	613	947	1631	2563	3700
	25	65	114	184	319	435	716	1022	1578	2718	4271	6167
	40	104	182	295	511	696	1146	1635	2525	4348	6834	9867
7	15	44	77	125	217	296	487	695	1073	1848	2904	4194
	25	74	129	209	362	493	812	1158	1788	3080	4841	6989
	40	118	206	334	579	788	1299	1853	2861	4928	7745	11183
8	15	49	86	140	242	330	544	775	1198	2063	3242	4681
	25	82	144	233	404	550	906	1292	1996	3438	5403	7802
	40	131	230	373	646	880	1450	2068	3194	5501	8645	12484
10	15	60	105	170	294	401	660	942	1455	2506	3938	5686
	25	100	175	283	490	668	1101	1570	2425	4176	6563	9477
	40	160	280	453	785	1069	1761	2512	3880	6682	10502	15164
14	15	80	141	228	394	537	886	1263	1951	3360	5281	7625
	25	134	235	380	657	896	1476	2105	3251	5600	8801	12708
	40	214	375	608	1052	1433	2362	3368	5202	8960	14082	20333

Portate vapore delle tubazioni alle velocità specifiche

Il materiale delle tubazioni comunemente usato è l'acciaio dolce (grado 620), ma il grado può variare in conformità delle esigenze delle applicazioni. Il carico specifico di progetto deve essere calcolato con l'equazione sopra indicata per avere un'indicazione dello spessore della tubazione, ma può essere reperito sulle norme di unificazione DIN-BS-ecc. riferentesi alle tubazioni per impieghi termici ed in connessione con caldaie.

Gli sforzi variano grandemente con la temperatura e questa è un parametro importante per la scelta del carico specifico di progetto. Occorre anche considerare gli sforzi che possono concentrarsi nei punti di ancoraggio delle tubazioni ma, se il progetto è fatto in modo adeguato, ciò può essere trascurato, scegliendo per il progetto dei carichi specifici conservativi.

La tubazione inoltre dovrebbe avere uno spessore sufficiente per resistere a stress occasionali oppure per sopportare usi erronei, quale ad es. essere di supporto per pompe/parti di impianto ecc. Spesso è sufficiente il buon senso per valutare se la tubazione da adottare è delle corrette dimensioni.

Un sistema comunemente usato per la identificazione dello spessore delle tubazioni è quello di marcare le estremità con bande colorate, come previsto dalle tabelle internazionali di unificazione applicabili a tubazioni di acciaio di grado specifico, con banda rossa per quelle di spessore maggiore e banda blu per quelle di spessore medio. Le tubazioni con banda rossa sono quelle più comunemente usate per la distribuzione del vapore, mentre quelle con banda blu sono più comunemente usate per la distribuzione di aria compressa. I tubi di lunghezza minore di 4 m hanno soltanto una banda colorata mentre quelli di lunghezza compresa tra 4 e 7 m hanno due bande colorate, ognuna delle quali vicina alle due estremità. Le bande colorate sono larghe circa 50 mm.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Fascia Rossa - maggiore spessore
fino a 4 metri di lunghezza

Fascia blu - medio spessore
Fra 4 e 7 m di lunghezza

Tubazioni con bande colorate

Portate delle tubazioni e perdite di carico

Dobbiamo considerare le perdite di carico o di pressione che si verificano nelle tubazioni come conseguenza del flusso. E' consigliabile l'uso delle tabelle che permettono di ottenere al riguardo informazioni più accurate e complete. Nelle pagine successive faremo poi alcuni esempi teorici e pratici in modo che si possano capire i criteri usati per il dimensionamento delle tubazioni.

Esempio 1:

Supponiamo di avere una pressione iniziale di 7 bar ed una pressione di 6,4 bar al termine della tubazione. Il fattore di pressione (P1) rilevabile dalle tabelle per il dimensionamento delle tubazioni è di 56,38 corrispondente alla pressione iniziale e di 48,48 (P2) in corrispondenza della pressione finale.

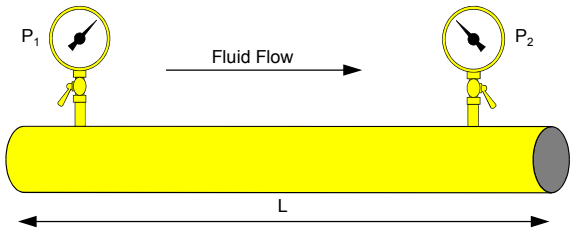
F (Fattore di pressione)

Se supponiamo che la lunghezza della tubazione (comprensiva di maggiorazione per curve e derivazioni) sia di 263 metri, avremo:

$$\frac{P_1 - P_2}{L} = F = \frac{(56{,}38 - 48{,}48)}{263} = 0{,}03$$

I fattori di pressione mostrati sono calcolati con equazioni teoriche (guida CIBSE-C4-67) che usano numeri di Reynolds, viscosità e rugosità delle tubazioni di acciaio. Questi valori sono calcolati entro un certo campo di pressioni e di velocità e quindi sono sufficientemente accurati per l'uso del dimensionamento delle tubazioni di distribuzione vapore.

Per esempio, usando la tabella delle portate e dei fattori di caduta di pressione, partendo dalla colonna (F) di sinistra per 0,030 e andando sulla colonna di destra corrispondente vediamo che, per una tubazione di diametro di 65 mm, si ha una portata di vapore di 919 kg/h (x) con un fattore di velocità (y) di 80,6 m/s.



Caduta di pressione in funzione della lunghezza

Il fattore di velocità (y) è basato su un volume di vapore di 1 m³/kg e quindi può essere facilmente convertito per avere la velocità reale corrispondete ad altri volumi specifici.

$$y = \frac{\text{Velocità Reale}}{\text{Volume Specifico Effettivo}}$$

Pertanto, se il fattore di velocità (y) = 80,6 m/s e la pressione del vapore è di 7 bar, con un volume specifico di 0,240 m³/kg con il metodo di sostituzione avremo che la velocità reale è di:

Velocità effettiva = 80,6 x 0,24 = 19,35 m/s

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

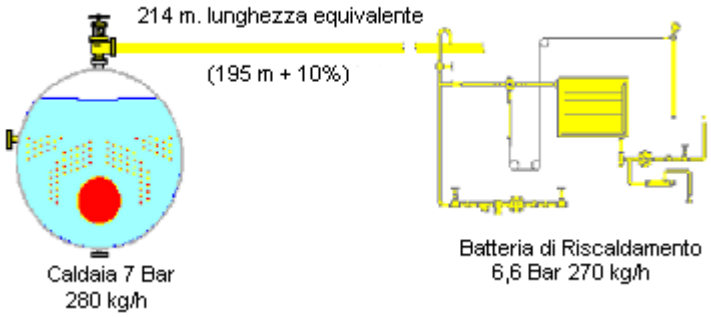
Tabella fattori di pressione (Estratto)

Pressione bar g	Volume m³/kg	Fattore di pressione
6.0	0.272	43.54
6.1	0.269	44.76
6.2	0.265	45.98
6.3	0.261	47.23
6.4	0.258	48.48
6.5	0.255	49.76
6.6	0.252	51.05
6.7	0.249	52.36
6.8	0.246	53.68
6.9	0.243	55.02
7.0	0.240	56.38
7.1	0.237	57.75
7.2	0.235	59.13
7.3	0.232	60.54
7.4	0.229	61.96
7.5	0.227	63.39
7.6	0.224	64.84
7.7	0.222	66.31
7.8	0.219	67.79
7.9	0.217	69.29
8.0	215	70.80

Portata delle tubazioni e fattori di perdita di carico (Estratto)

F	Dimensioni tubi (mm) 15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200	225	250	300
0.020 x	9.8	30.16	63.75	114.7	189	411	760.1	1226	2697	4504	7593	12014	17 163	23538	31384	50508
y	20.51	29.55	36.07	39.62	146.4	158.3	66.7	75.01	480.4	107.5	122.3	135.6	147.3	160.0	172.0	193.3
0.025 x	10.59	33.48	70.73	127.3	209.8	459.7	834.6	1367	2970	5422	8817	13296	19332	26357	34750	56581
y	23.0	32.8	40.02	43.97	51.39	65.03	73.2	83.7	102	119	135	150	166	179	191	217
0.030 x	12.0	36.0	77.2	138	230	501	919	1480	3624	5884	9792	14481	20917	28596	37967	62522
y	25.1	36.0	43.7	47.6	56.3	70.9	80.6	90.6	112	129	150	164	180	195	207	239
0.08 x	21.1	62.3	135	245	402	873	1594	2599	5688	10249	16672	24518	36532			
y	44.1	61.0	76.3	86.7	98.5	124	140	159	195	225	255	277	314			

Esempio 2
Come esempio pratico usiamo il calcolo della caduta di pressione per determinare il diametro della tubazione principale del vapore di cui alla figura di seguito riportata.



 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Lunghezza
Conoscendo la distanza fra una caldaia ed una batteria di scambio termico, noi dobbiamo tener conto della resistenza relativa ai componenti ed agli accessori montati sulla tubazione che li collega. E' conveniente esprimere il valore di tale resistenza in metri di lunghezza equivalente di tubazione, per cui, ad esempio, una valvola a globo presenta una resistenza al flusso corrispondente a x metri di tubazione diritta.
Se fosse conosciuto il diametro della tubazione principale, la lunghezza equivalente da aggiungere alla lunghezza corrispondente alla distanza, relativa ai componenti, sarebbe calcolabile, mentre per il nostro caso è necessario fare delle supposizioni.
Se la lunghezza della tubazione fosse maggiore di 100 m e prevalentemente rettilinea, allora la lunghezza equivalente proporzionale da aggiungere per la raccorderia ed accessori vari potrebbe verosimilmente essere del 10%.
Per una tubazione simile, ma di lunghezza inferiore, la lunghezza equivalente da aggiungere potrebbe essere attorno al 15-20%.
Poiché il nostro esempio è relativo al primo caso, alla lunghezza di 195 m aggiungeremo il

10% (195 m) = 214 m

Portata vapore
Un'ulteriore supposizione deve essere fatta relativamente alle dispersioni di energia termica della tubazione principale. La batteria di scambio richiede una portata vapore di 270 kg/h, per cui, al flusso nella tubazione principale, a questa quantità dobbiamo aggiungere la quantità di vapore condensato relativa alle dispersioni. Il diametro della tubazione principale non è ancora stato determinato per cui non è possibile fare un calcolo definitivo della dispersione e quindi della portata vapore necessaria, ma se supponiamo che la tubazione sia coibentata, è ragionevole ritenere sufficiente l'aggiunta per le perdite corrispondente all'1% della portata ogni 30 m di tubazione.
Nel nostro esempio

$$\frac{214\ \text{m}}{30\ \text{m}} \cdot \frac{1}{100} = 7{,}1\%$$

Portata vapore all'uscita caldaia = 270 + 7,1 % = 289 kg/h

Dalla tabella ricaviamo che i fattori di pressione sono

a 7,0 bar P1 = 56,38
a 6,6 bar P2 = 51,05

La lunghezza equivalente L = 214 m

Quindi:

$$F = \frac{P1-P2}{L} = \frac{56{,}38 - 51{,}05}{214} = 0{,}025$$

Dalle tabelle delle portate delle tubazioni e dei fattori di perdita di carico ricaviamo, per un fattore F = 0,025, che:

- Una tubazione da 40 mm di diametro avrebbe una portata di 209,8 kg/h
- Una tubazione da 50 mm di diametro avrebbe una portata di 459,7 kg/h.

Ne consegue che, per il nostro caso, utilizzeremo il diametro di 50 mm.

- E' cattiva abitudine dimensionare una tubazione al limite assoluto della sua capacità, mentre è meglio lasciare un certo margine per compensare sia ogni eventuale errore di progetto che una possibile espansione dell'impianto.
- Qualora il valore calcolato di F sia compreso tra due di quelli indicati nella tabella, sarà possibile fare una interpolazione con discreta precisione anche se l'espressione di calcolo dei valori tabulati non è perfettamente lineare. Inoltre, va tenuto conto che le tubazioni sono prodotte soltanto nelle dimensioni standard (come mostrato nella tabella), per cui approssimazioni sono comunque inevitabili.

Effettuiamo ora la verifica della velocità.
Abbiamo visto precedentemente che i dati di cui alla linea "y" rappresentano i fattori di velocità riferiti ad un volume di vapore di 1 m³/kg.
Per una tubazione di diametro di 50 mm la tabella dà un valore "y" di 65 ed una portata di 459,7 kg/h di vapore. Dal momento che la nostra portata è di 289 kg/h di vapore il valore di "y" può essere determinato proporzionalmente, cioè:

$$\frac{65}{459{,}7} = \frac{y}{289} \quad ; \quad y = 40{,}86$$

Poiché il vapore a 7 bar ha un volume (ricavato dalla tabella dei fattori di pressione) di 0,24 m3/kg la velocità reale dell'esempio sopra riportato per una tubazione di 50 mm sarà:

$$y = \frac{\text{velocità reale}}{\text{volume specifico attuale}}$$

$$40{,}86 = \frac{\text{velocità reale}}{0{,}24}$$

velocità reale = 9,8 m/s

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Si può credere che la velocità di cui sopra sia bassa in confronto con la massima velocità possibile, bisogna però ricordare che la tubazione del vapore è stata dimensionata in modo da limitare la caduta di pressione, poiché alla massima velocità possibile è associata una caduta di pressione molto alta. Vediamo pertanto come avremmo determinato il diametro della tubazione se avessimo invece usato una velocità di 21 m/s.
Le pressioni intermedie e le velocità possono essere calcolate in questo modo:

$$y = \frac{\text{velocità reale}}{\text{volume specifico attuale}}$$

Per una velocità di 21 m/s ed una pressione del vapore a 7 bar (volume di 0,24 m³/kg)

$$y = \frac{21}{0,24} = 87,5$$

Possiamo ora scorrere la tabella delle capacità delle tubazioni e dei fattori di caduta di pressione deducendo in quali condizioni 289 kg di vapore possono essere gestiti con un fattore di velocità di 87,5.
Le condizioni più prossime sono quelle dalla colonna della tubazione da 40 mm in corrispondenza di un fattore F di 0,08. Usando una tubazione di diametro 40 mm, dato che P1 ed L sono invariati, mediante la formula:

$$\frac{P_1 - P_2}{L} = F$$

determiniamo

$$P_2 = P_1 - (F \cdot L) = 56,38 - (0,08 \cdot 214)$$

$$P_2 = 39,26$$

Dalla tabella dei fattori di pressione ricaviamo che quanto precede è equivalente ad una pressione leggermente inferiore a 5,7 bar.
Se si fosse installata una tubazione da 40 mm anziché una da 50 mm la pressione del vapore alla batteria di scambio termico sarebbe stata ben inferiore alla pressione di progetto!

Tubazioni di derivazione e scarichi
E' importante ricordare che le tubazioni di derivazione sono normalmente più corte delle tubazioni principali, perciò è meno necessario determinare il diametro delle derivazioni sulla base della caduta di pressione. Con una tubazione principale di 250 m di lunghezza, una caduta di pressione limitata a 0,5 bar può essere perfettamente valida perfino se comporta velocità più basse di quelle previste. Con una tubazione di derivazione di 5 oppure 10 m di lunghezza lo stesso criterio
di dimensionamento porterebbe a valori di 0,01 oppure di 0,02 bar solamente. Questi valori sono chiaramente insignificanti per cui usualmente si dimensionano le tubazioni di derivazione in modo da avere velocità maggiori anche se ciò può portare a maggiori cadute di pressione che per tubazioni di lunghezza limitata sono certamente accettabili.
Spesso si scelgono i diametri delle tubazioni usando tabelle simili a quella riportata nelle pagine precedenti.
"Capacità delle tubazioni e velocità specifiche del vapore". Le velocità di 25/30 m/s si utilizzano esclusivamente con tratti di collegamento agli utilizzi molto corti in quanto presuppongono una alta perdita di carico unitaria. La caduta di pressione aumenta sensibilmente quando ci sia una sensibile presenza di raccorderia, giunti, gomiti, ecc. La perdita di carico è variabile in modo più che proporzionale (potenziale) con il diametro di tubazione per cui contenere la velocità in presenza di diametri piccoli od aumentarla con l'aumento del diametro di tubazione. Per lunghezze sensibili limitare la velocità entro i 15 m/s oppure effettuare il dimensionamento con la determinazione delle perdite di carico.
Per il dimensionamento delle tubazioni di adduzione vapore alle utenze si può utilizzare anche i diagrammi di seguito riportati sia in funzione della velocità del vapore che in funzione della perdita di carico:
Le velocità consigliate in m/sec. dei vari fluidi nelle tubazioni sono le seguenti:

DN Tubazione	Vapore	Acqua	Acqua surr/Olio D.
15 - 25	10 – 15	0,5 – 0,8	0,5 – 1
32 – 40	15 – 20	0,8 – 1,5	1 – 1,8
50 – 100	25 – 30	1,5 – 2	1,8 – 2,5
125 - 200	30 - 35	2 – 2,5	2,5 - 3

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

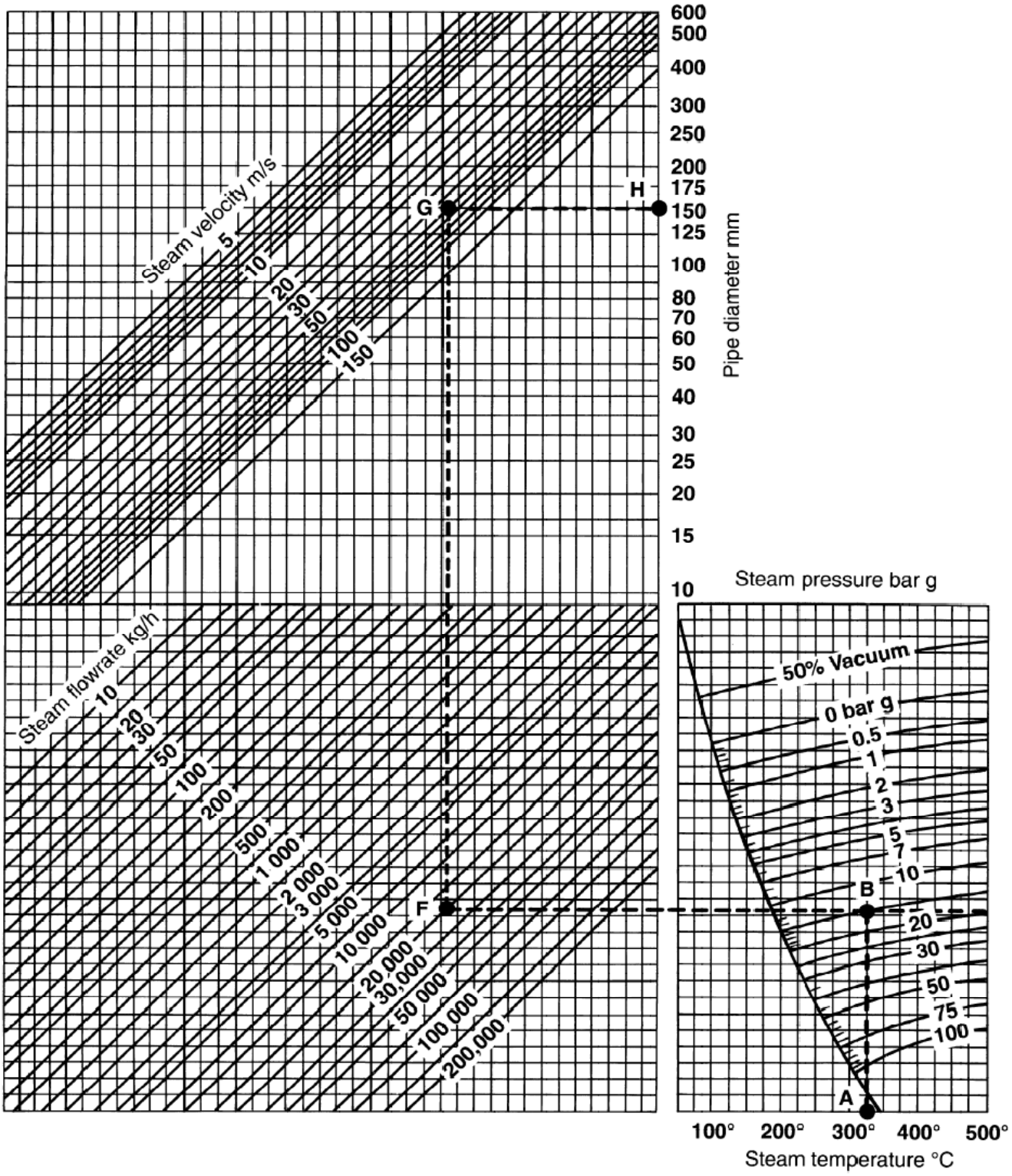


Diagramma per il calcolo delle tubazioni vapore in funzione della velocità

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Diagramma per il calcolo delle tubazioni vapore in funzione della perdita di carico

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

LINEE DI RITORNO CONDENSE

Il dimensionamento delle tubazioni del condensato è influenzato da molti fattori per cui è difficile stabilire un semplice elenco di raccomandazioni cui fare riferimento essendo in gioco molte variabili quali ad esempio:

- il sistema di controllo
- la pressione di esercizio del vapore
- il tipo di scaricatori utilizzato
- il modo di installazione
- la temperatura ambiente.

Possiamo tuttavia suddividere il problema in 3 parti:

Linee di collegamento dagli apparecchi utilizzanti il vapore agli scaricatori

Linee di scarico dagli scaricatori

Linee di mandata delle pompe di ritorno condense

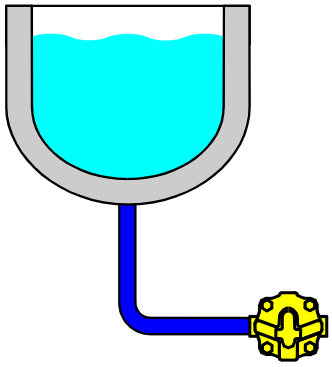
Le esigenze determinabili per ciascun punto variano anche in funzione della pressione di esercizio.

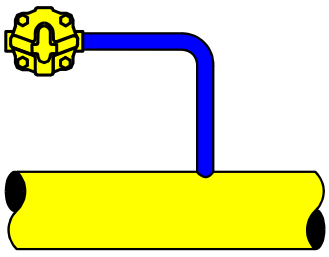
Linee di adduzione del condensato agli scaricatori

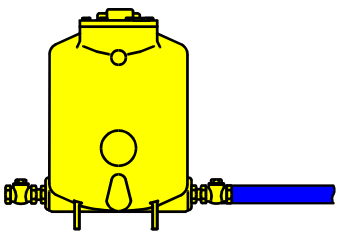
In questa parte dell'impianto il condensato deve fluire dall'uscita dell'apparecchio utilizzante vapore allo scaricatore. Poiché la pressione del vapore nell'apparecchio e nello scaricatore sono uguali il condensato potrà fluire solo per gravità per cui, come regola generale, lo scaricatore deve essere installato inferiormente all'apparecchio cui è collegato.

Le tubazioni dal punto di scarico allo scaricatore di condensa devono essere installate con pendenza verso il basso. Nella tabella seguente sono riportate le portate di condensato in funzione del diametro della tubazione e della minima perdita di carico per attrito nella tubazione stessa.

Non si può supporre a priori che il diametro dello scarico dell'utenza sia quello adatto anche per la scelta dello scaricatore, poiché l'impianto e l'apparecchio potrebbero essere previsti per funzionare in condizioni diverse e variabili di pressioni e portate.







 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Dimensionamento delle Tubazioni di adduzione allo scaricatore di condensa

Nella scelta del diametro delle tubazioni di scarico condensa si deve tenere presente che la quantità di condensato da scaricare non è necessariamente quella corrispondente alla portata vapore di pieno carico dell'utenza.

Infatti all'avviamento dell'impianto la portata del condensato potrebbe essere fino al doppio di quella corrispondente al carico di lavoro massimo dell'utenza.

Inoltre la tubazione di collegamento utenza-scaricatore spesso deve scaricare anche l'aria contenuta dall'utenza, spinta allo scarico dal vapore in ingresso.

La tabella sottostante è basata sull'esperienza e fornisce un metodo pratico ed attendibile per il dimensionamento della tubazione: i dati sono stati calcolati per una portata di vapore doppia rispetto a quella di pieno carico dell'utenza con una perdita di carico per attrito di 1,4 mbar/m di tubazione.

Sono pertanto comprese anche le portate di condensato formatesi all'avviamento dell'impianto che non dovranno così essere calcolate e considerate.

DIMENSIONAMENTO LINEE CONDENSA in funzione della Portata in Kg/h e delle Perdite di carico

Diametro nominale	Perdite di carico 0,3 mbar/m	Perdite di carico 0,5 mbar/m	Perdite di carico 0,6 mbar/m	**Perdite di carico 0,8 mbar/m**	Perdite di carico 1 mbar/m	Perdite di carico 1,4 mbar/m
15	95	130	140	**160**	180	220
20	220	290	320	**370**	420	500
25	410	540	600	**690**	790	940
32	890	1180	1300	**1500**	1700	2040
40	1360	1790	2000	**2290**	2590	3100
50	2630	3450	3810	**4390**	4990	6000
65	5350	6950	7730	**8900**	10150	12100
80	8320	10900	12000	**13800**	15650	18700
100	17000	22200	24500	**28200**	31900	38000
125	32600	42600	47000	**54100**	61200	73000
150	62700	81800	90300	**104000**	117600	140000

Per tener conto del fenomeno di rievaporezione e per evitare alte contropressioni all'avviamento, il diametro delle tubazioni dovrebbe essere determinato considerando il carico iniziale, che è in molti casi, circa il doppio del carico di esercizio. Per gli impieghi più comuni è sufficiente dimensionare la linea per una perdita di carico di 0,8 mbar per metro (circa 8 mm. di c.a. per metro) utilizzando la colonna evidenziata della tabella precedente.

Tubazioni di scarico dagli scaricatori di condensa

La tubazione collegata all'uscita dello scaricatore non deve solo trasportare condensato, aria o altri gas incondensabili, ma anche il vapore di rievaporazione che si genera allorché la pressione del condensato subisce una diminuzione. Per quanto lo spazio lo permetta queste tubazioni devono avere la massima pendenza possibile verso il successivo componente del- l'impianto quale:

- il serbatoio di ricupero per il vapore nascente,
- il sistema di raccolta per l'alimentazione della pompa condense
- il pozzo di ritorno condense per la caldaia o il degasatore. Dovranno essere considerate le seguenti condizioni:

1. Avviamento

condizione di equilibrio dello stato liquido. Questa energia disponi- bile evapora una parte del condensato presente che si deve portare a 100°C.

Il condensato è relativamente freddo e quindi il vapore di rievaporazione sarà scarso o inesi-stente; d'altra parte la portata delle condense sarà

la massima ed anche una sensibile quantità d'aria sarà scaricata attraverso lo scaricatore e quindi nella tubazione di scarico assieme al condensato.

Ne consegue che la tubazione di scarico dello scaricatore dovrà essere almeno uguale in diametro all'attacco di ingresso dello scaricatore.

2. Funzionamento in esercizio

Dopo un certo tempo la portata del condensato si assesterà al valore normale corrispondente alla portata di vapore normalmente utilizzata. In queste condizioni la temperatura del condensato aumenta fino a quella del vapore e quindi, non appena il condensato viene scaricato nella linea di trasporto condensa che è a pressione minore.

Esempio

Si abbiano delle condense a 7 barg ed a temperatura di saturazione (170°C) la cui entalpia è 721 kj/kg. Allorché questo condensato venga scaricato a pressione atmosferica (0 bar g) si ha un eccesso di energia rispetto la

Il diagramma "Quantità di vapore di rievaporazione" è utile per la determinazione della percentuale di vapore di rievaporazione generato dal condensato alle diverse condizioni di pressione.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

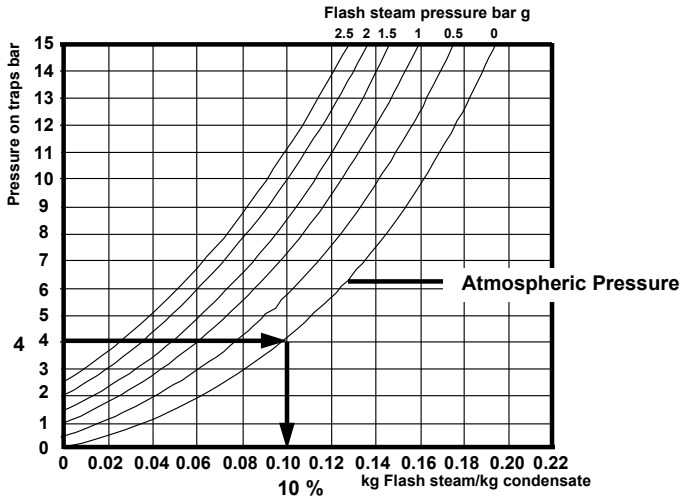

Flash steam pressure bar g
2.5 2 1.5 1 0.5 0
Pressure on traps bar
15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
Atmospheric Pressure
4
0 0.02 0.04 0.06 0.08 0.10 0.12 0.14 0.16 0.18 0.20 0.22
kg Flash steam/kg condensate
10 %

Grafico per determinare la quantità di Vapore di Rievaporazione

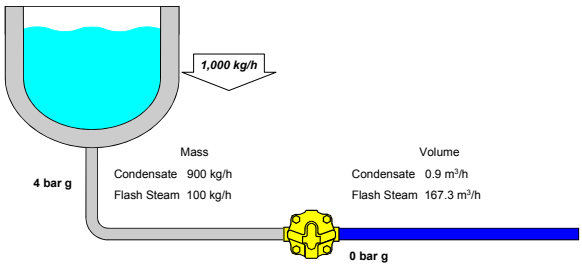
Determinazione della percentuale di vapore di rievaporazione mediante il diagramma: Pressione allo scaricatore = 4 bar g
Pressione del vapore di rievaporazione
(pressione nella tubazione condensa = 0 bar g)
Percentuale di vapore di rievaporazione = 10%
La quantità di vapore di rievaporazione presente nella tubazione del condensato è il fattore più importante per determinare il diametro della tubazione di scarico dello scaricatore di condensa.

Dimensionamento in funzione del solo vapore di rievaporazione

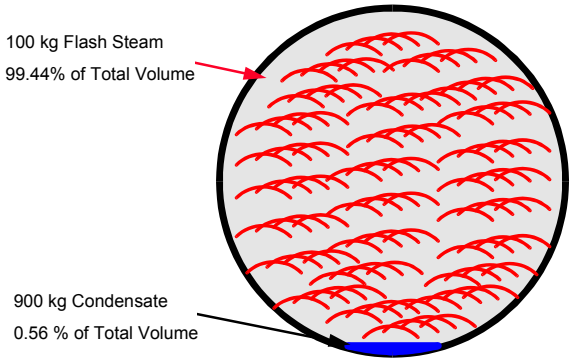
Per ragioni di costo, i collettori principali del condensato sono di diametro più piccolo possibile. Le tubazioni sono generalmente previste per una determinata portata di acqua, mentre in realtà il fluido scaricato da uno scaricatore di condensa è una miscela di condensa e di vapore di rievaporazione.
Non sempre si tiene conto come, in funzione della pressione a monte dello scaricatore e della pressione nella tubazione del condensato a valle di esso il vapore di rievaporazione possa essere fino a 400 volte il volume del condensato.
Questo fatto ci indica chiaramente che il sistema di ritorno delle condense deve essere dimensionato in funzione del volume del vapore di rievaporazione anziché sul volume del condensato Riprendiamo l'esempio precedente che ci dimostra come il 10% di condensato rievapora passando da una pressione a monte di 4 bar alla pressione atmosferica.

Esempio di dimensionamento di una tubazione condensato

Supponiamo di avere 1000 kg/h di condensato alle condizioni di pressione visti precedentemente
(4 bar g monte /0 bar g valle). Questo significa che per ogni chilogrammo di condensa espulsa dallo scaricatore avremo nella tubazione di ritorno 0,1 kg di vapore a 0 bar e 0,9 kg di acqua calda.



Volume dell'acqua = 900 litri/h = 0,9 m^3/h
Volume del vapore di rievap. = 100 kg/h = 167,3 m^3/h
Totale Volume m^3/h 168,2 m^3/h
(Il volume specifico del vapore saturo a 0 bar g è 1,673 m^3/kg)



La portata volumetrica della tubazione sarà quindi di 168,2 m3/h in cui il vapore rappresenta il 99,44% del volume mentre l'acqua rappresenta soltanto lo 0,56% per cui, praticamente, il vapore di rievaporazione occupa tutto il volume della tubazione.
Il risultato di immettere nella tubazione di ritorno un così alto volume di vapore è quello di provocare una contropressione a valore superatmosferico che, di per se stesso, tende a contenere la quantità di rievaporazione sviluppatasi.
Tutto il condensato si raccoglierà sul fondo della tubazione determinando un flusso in movimento ad una velocità inferiore a quella del vapore; la portata di condensato, sommata a quella del vapore eguaglierà la portata di condensa passante per lo scaricatore.
Il diametro della tubazione di ritorno condense può essere calcolato in base alla portata massica del vapore di rievaporazione, quindi scelta con l'uso della tabella di cui alla pagina seguente.
Data la presenza di condensato sul fondo della tubazione, il vapore sarà saturo umido per cui non dovrà essere superata la velocità di 15 m/s se si

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Pressione a valle dello scaricatore	Dimensione nominale della tubazione (mm)										
(bar g)	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
0.0	6.2	11.0	17.8	30.3	41.9	69.0	98.4	152.0	261.8	411.4	594.1
0.1	6.8	12.0	19.4	33.2	45.8	75.5	107.6	166.2	286.3	449.9	649.7
0.2	7.4	13.0	21.1	36.0	49.9	81.8	116.7	180.3	310.5	488.1	704.7
0.3	8.0	14.0	22.7	38.8	53.5	88.2	125.8	194.3	334.7	526.0	759.5

vogliono evitare colpi di ariete ed erosioni in corrispondenza dei cambiamenti di direzione. Considerando l'esempio soprariportato e riferendoci alla portata del vapore di rievaporazione, il diametro della tubazione di ritorno condensato più adatto sarà:

Portata massica del vapore di rievaporazione = 0,1 x 1000 kg/h = 100 kg/h
Diametro della tubazione per 100 kg/h
alla pressione di 0 bar g nella tubazione = 65 mm
(vedi tabella di cui sopra)

1. Controllo di temperatura. Se l'impianto è controllato termostaticamente, la valvola di regolazione spesso, in fase di controllo, causerà una caduta di pressione pari ad almeno metà della pressione di alimentazione del vapore; a volte però la valvola automatica non è dimensionata con la perdita di carico critica e può dare anche la massima portata con caduta di pressione inferiore. Si ricordi quindi che più bassa è la pressione a valle della valvola, minore sarà la produzione di vapore di rievaporazione.
Per pressioni uguali o superiori a 0,3 bar g riferirsi alla tabella per il dimensionamento delle tubazioni vapore contenuta nel "Manuale Tecnico Spirax Sarco".
Considerazioni sul dimensionamento delle tubazioni di condensato.
Sebbene i dati di cui alla precedente tabella siano teoricamente corretti, si dovranno tener presente alcune considerazioni pratiche:
2. Scaricatore di tipo termostatico. Questi scaricatori (es. scaricatori a pressione equilibrata e scaricatori bimetallici) sono progettati per funzionare ad una temperatura minore della temperatura di saturazione. Secondo il tipo di scaricatore considerato questo valore di temperatura è inferiore da 10° a 50°C della temperatura di saturazione; per esempio uno scaricatore a pressione equilibrata può essere dotato di una capsula funzionante ad una temperatura di 13°C inferiore alla temperatura di saturazione.
Questo naturalmente provocherà una minore produzione di vapore di rievaporazione.

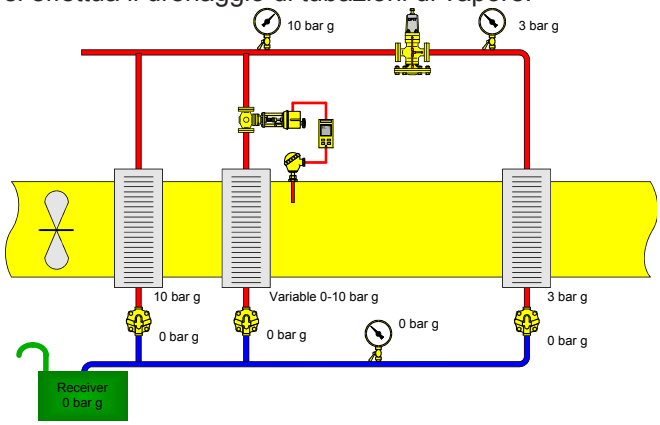
Si consideri il seguente esempio:
Temperatura di saturazione a 7 bar g = 170,5°C
Temperatura di taratura dello scaricatore - 13°C = 170,5 - 13 = 157,5°C
Pressione corrispondente a 157,5°C = 500 bar g
Pertanto si dovrà considerare una pressione a monte pari a 5 bar g anziché a 7 bar g. Questo permette l'impiego di una tubazione di diametro minore.
3. Carico all'avviamento dell'impianto. Nelle condizioni di avviamento l'impianto è freddo e quindi si ha la massima produzione di condensato. La portata di avviamento però differisce notevolmente da un impianto all'altro perché funzione anche del tempo di preriscaldo per cui,
gli impiantisti, in base alla loro esperienza ed alle diverse parti dell'impianto e dell'uso relativo, possono applicare un fattore di sicurezza indicativamente compreso tra 2 e 3 che garantisca il
corretto funzionamento del sistema. Generalmente si applicano queste considerazioni per impianti con frequenti fermate e riavviamenti.
E' possibile inoltre che non tutte le apparecchiature di un particolare impianto debbano funzionare contemporaneamente ed eventuali altre necessità peculiari dovranno essere tenute presenti.
Ad esempio in una lavanderia, all'avviamento, l'acqua di lavaggio deve essere riscaldata, dopo un certo tempo vengono inseriti gli essicatori ed in seguito verrà attivata anche la stiratura.
4. L'uso di rievaporatori sull'impianto e di degasatori nel locale caldaia comporta linee di ritorno condensato a pressione più alta; in questi casi è necessario controllare che l'aumento di
pressione non comprometta il regolare funzionamento degli scaricatori di condensa. L'aumento di pressione in questi casi è semplicemente dovuto alla formazione di vapore nascente nel rievaporatore oppure al sistema di funzionamento del degasatore.
-Funzionamento di scaricatori a pressioni diverse
Sovente viene chiesto se è possibile collegare ad una linea di ritorno condensa comune scaricatori, di condensa che funzionano a pressioni diverse fra loro. Si pensa che ci possa essere interferenza

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

tra lo scarico di scaricatori a pressione alta con lo scarico di scaricatori funzionanti a pressione minore; così ragionando si trascura però il fatto che le diverse pressioni sono presenti soltanto fino al seggio degli scaricatori. All'uscita di ciascun scaricatore la pressione sarà quella esistente nella linea di ritorno e comune quindi a tutti gli scaricatori: naturalmente vi possono essere contropressioni dovute al vapore di rievaporazione, la cui formazione e quantità dipendono dal salto di pressione tra l'ambiente a monte di ciascun scaricatore e la tubazione comune di ritorno condensato.
Vedasi la figura sottostante.
Se la tubazione comune di ritorno condensato è però sottodimensionata è certamente possible che la contropressione aumenti in modo tale da limitare o perfino inibire lo scarico degli scaricatori funzionanti a pressione minore.
Praticamente ciascuna linea di scarico dallo scaricatore alla tubazione comune di ritorno dovrebbe essere dimensionata in base alle quantità di condensato e relativo vapore di rievaporazione imponendo velocità congrue, tali cioè che assicurino lo scarico anche agli scaricatori funzionanti a pressioni più basse.
Contropressione agli scaricatori
La contropressione relativa alle tubazioni di collegamento tra scaricatore e tubazione comune di ritorno condensato è la somma di almeno 3 componenti:
1. La pressione esistente al termine della linea di ritorno delle condense, oppure la pressione nel serbatoio nel quale scarica la linea di ritorno condensato.
2. Il battente idrostatico gravante sullo scaricatore imposto dalla necessità di innalzare il condensato, per esempio da uno scaricatore installato ad un livello inferiore rispetto la linea di ritorno condensato. Un innalzamento di 10 m costituisce una contropressione di 1 bar, quindi 1 m corrisponde alla contropressione di 0,1 bar.
3. Le resistenze per attrito dovute al flusso del condensato, dell'aria e del vapore di rievaporazione.

Linee comuni di ritorno condense

Se la tubazione comune di ritorno condense è adeguatamente dimensionata il convogliamento di un certo numero di scaricatori di condensa non è certamente fonte di problemi di funzionamento.
Bisogna però prestare attenzione ai collegamenti fra gli scaricatori e la tubazione di ritorno. Per esempio, derivazioni a T con T aperto (cioè con angoli maggiori di 90°) sono da preferire alle derivazioni perpendicolari (cioè con angoli a 90°) in quanto evitano erosioni dovute alle alte velocità del vapore di rievaporazione e del condensato in uscita da scaricatori specialmente quando lavorino con funzionamento a raffica (scaricatori a secchiello rovesciato o termodinamici)
Problemi possono invece sorgere quando il condensato venga scaricato in una tubazione di ritorno allagata, cosa abbastanza comune quando si effettua il drenaggio di tubazioni di vapore.



Condense provenienti da diverse pressioni e convogliate ad una linea di ritorno comune

Generalmente la tubazione servita dalla pompa di ritorno condense ha un percorso contiguo alla tubazione del vapore e quindi viene molto facile collegare l'uscita degli scaricatori a servizio della tubazione vapore, od anche altri, direttamente sulla tubazione del condensato. Poiché compito di ogni scaricatore di linea è quello di scaricare la condensa immediatamente senza consentirne il ristagno, si sceglie in genere un apparecchio che scarichi a temperatura uguale od il più vicino possibile alla temperatura del vapore.
Il condensato, alla temperatura di saturazione, genera il massimo del vapore nascente nella tubazione di ritorno condensato e poiché il vapore di rievaporazione possiede un volume relativamente grande spingerà violentemente la condensa presente verso lo scarico. Le bolle di vapore che vanno verso lo scarico collassano velocemente non appena vengono in contatto con il condensato a temperatura inferiore oppure con la parete più fredda della tubazione. Entrambi questi effetti portano alla formazione di **colpi di ariete.**
La soluzione migliore di questo problema è quella di evitare il collegamento diretto dello scaricatore alle tubazioni allagate e quindi convogliare condensato e vapore di rievaporazione nel punto più vicino di raccolta, come mostrato nella figura precedente.
Se questo non è praticamente possibile, una seconda soluzione può essere quella di usare scaricatori di tipo termostatico (per esempio a pressione equilibrata) che trattengono il condensato fintanto che non si sia sottoraffreddato. Naturalmente per evitare che parte della condensa permanga nella tubazione vapore è essenziale prevedere una capace tasca di raccolta costituita da un tronchetto avente diametro pari alla tubazione del vapore ed un

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

tratto di collegamento allo scaricatore con tubo non coibentato lungo2-3 m. Il tubo di collegamento provvederà a contenere ed a raffreddare la condensa fino alla temperatura di funzionamento dello scaricatore. Un'altra possibilità è quella di usare uno scaricatore a galleggiante la cui caratteristica è quella di assicurare uno scarico continuo più facilmente assorbibile senza ulteriori problemi dalla tubazione di ritorno condense anche se allagata ed a temperatura inferiore.

La contropressione riduce la portata dello scaricatore, e questo diviene evidente soprattutto con bassa pressione a monte; è inoltre importante ricordare che l'avviamento dell'impianto diventa più difficoltoso non soltanto per la minor capacità di scarico ma anche per una notevole difficoltà nell'eliminazione dell'aria: si possono così avere sia problemi di regolazione sia colpi di ariete per gli apparecchi d'utenza nei quali viene controllata la temperatura.

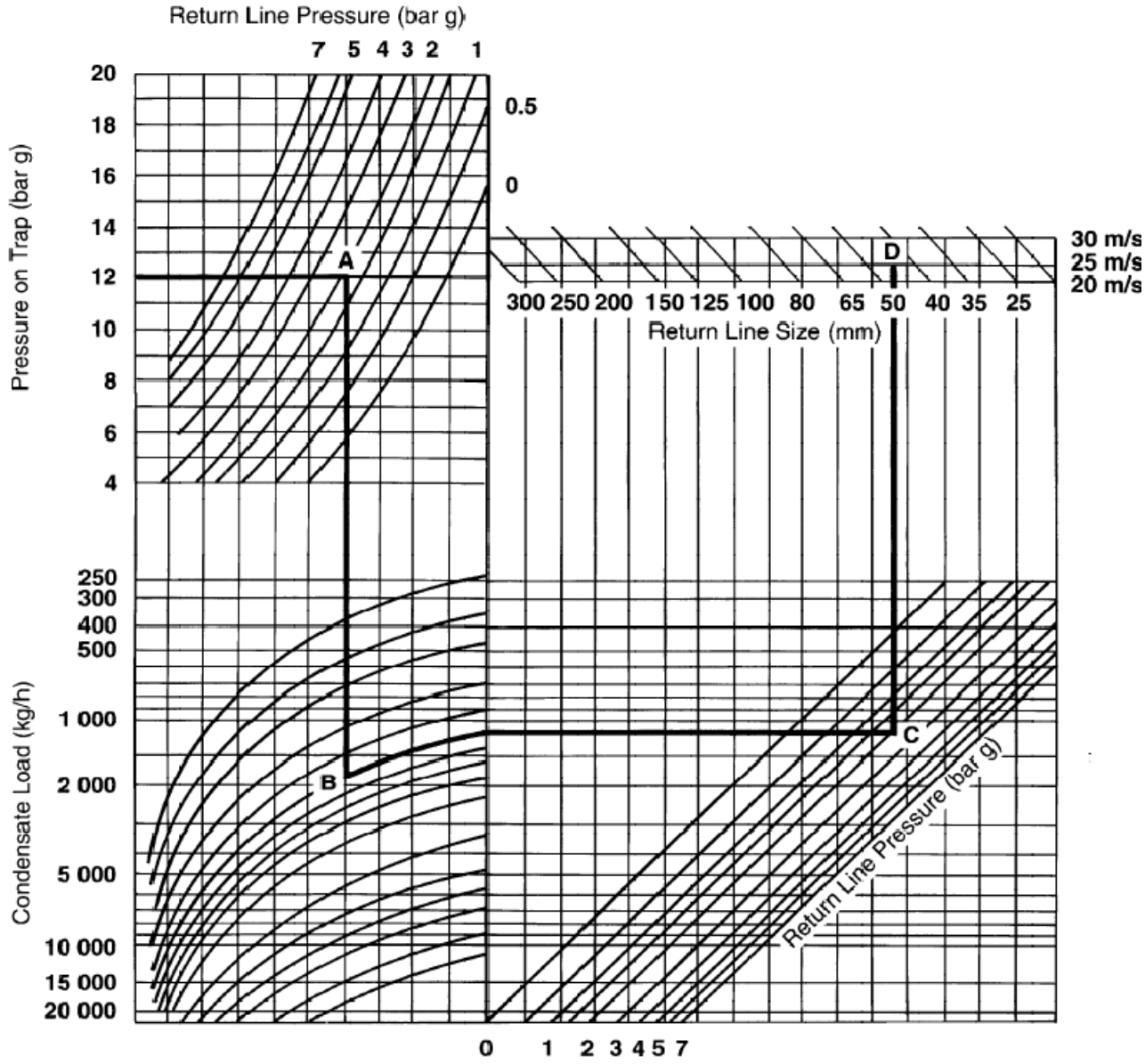
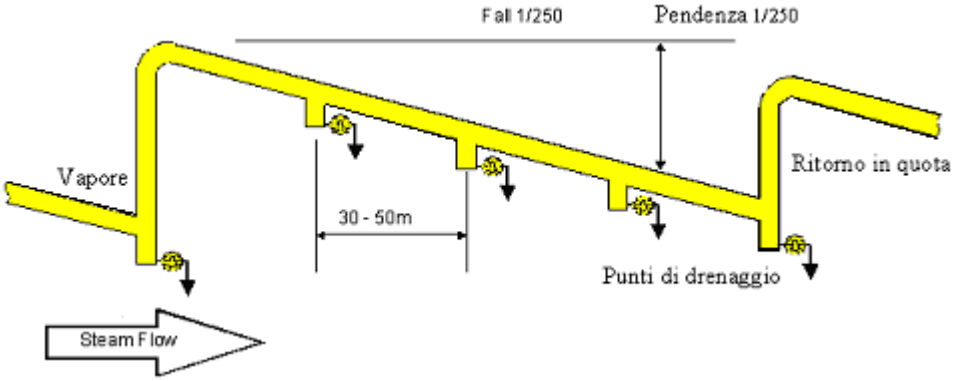


Diagramma per il calcolo delle tubazioni condensa

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

TUBAZIONI VAPORE

Nei punti più bassi, ovvero ad intervalli di circa 30-50 m di lunghe tubazioni "orizzontali", bisogna creare dei punti di drenaggio ed installare degli scaricatori di condensa.



Installazione di una lunga tubazione vapore

Punti di drenaggio

I punti di scarico costituiti da piccoli fori praticati sul fondo della tubazione vapore di grande diametro ai quali collegare la tubazione di scarico hanno un effetto limitato. Il film di condensa che scorre sul fondo è trascinato dal vapore oltre questi fori. Occorre predisporre dei tronchetti di scarico costituiti da raccordi a T di eguali dimensioni della tubazione principale che si dimostrano molto più efficaci. Essi sono di grande effetto pratico per tubazioni fino a 100 mm di diametro. Per tubazioni di diametro maggiore i tronchetti di scarico possono essere previsti di

Si dovrà inoltre assicurare una minima pendenza dei tubi in senso concorde al movimento del vapore in modo da facilitare il movimento del condensato verso i punti di drenaggio.

In alcuni casi, con tubazioni di una certa lunghezza, la pendenza necessaria impone degli abbassamenti progressivi di percorso non accettabili; si dovranno così prevedere dei punti di risalita in quota come indicato in figura.

Le pendenze utilizzate sono molto variabili e comprese in un campo tra il $3_0/^{00}$ e 1,5%; possonoessere variamente influenzate dal tipo e dal percorso della distribuzione: un valore medio standard suggerito è tra il 4 ed il $5_0/^{00}$. Con queste precauzioni si faciliterà il trascinamento del condensato verso i punti di drenaggio effettuato dal movimento del vapore lungo la tubazione due o tre misure più piccole fino a giungere a metà del diametro della tubazione principale per le tubazioni di oltre 200 mm di diametro. La lunghezza di questi tronchetti di scarico è generalmente 1,5 volte il diametro ma non inferiore a 200 mm anche con tubazioni di piccolo diametro. La figura dimostra come sia più efficace lo scarico di condensa con un tronchetto di scarico di grande diametro rispetto ad un tronchetto di piccolo diametro per il quale è evidente l'insufficienza allo scopo.

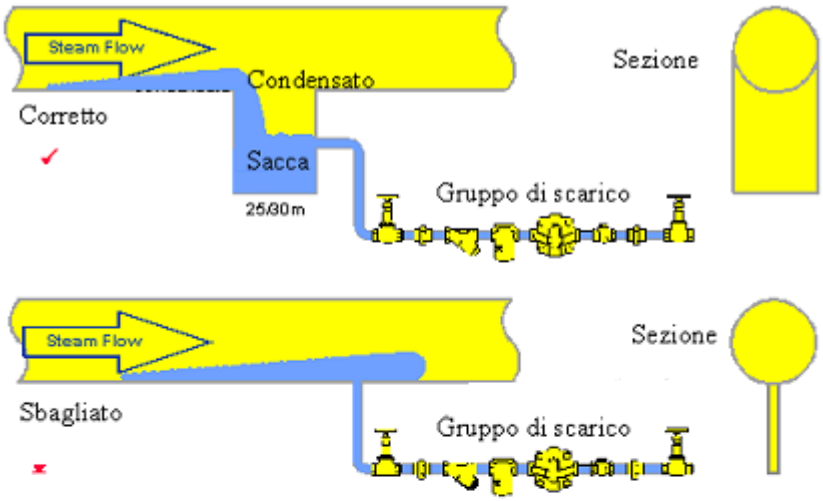
L'attacco per lo scarico della condensa è generalmente effettuato a 25/30 mm sopra il fondo del tronchetto di scarico per evitare il trascinamento di scorie nello scaricatore. Inoltre, il fondo del tronchetto può essere flangiato o chiuso con un fondello provvisto di tappo di spurgo. Questo consente alla manutenzione di provvedere alla rimozione delle scorie durante le fermate dell'impianto. Il tronchetto di scarico può anche essere usato per la pulizia e lo spurgo delle tubazioni dopo una fermata dell'impianto.

Riduzioni sulle tubazioni del vapore

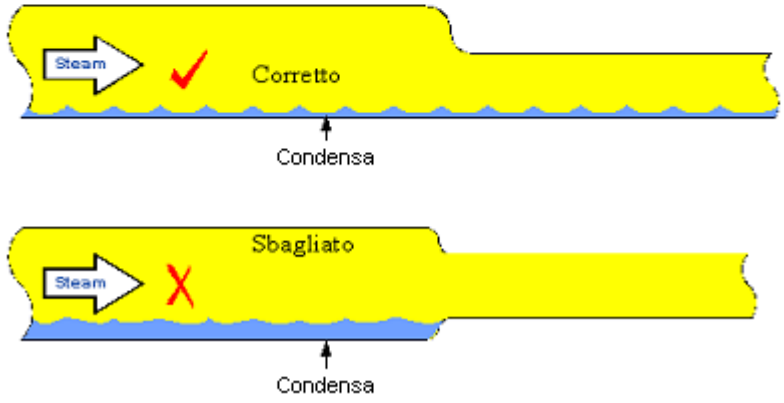
Dopo le derivazioni della linea principale e le relative riduzioni di portata del vapore associate, può risultare economico proseguire la linea principale con un diametro ridotto rispetto al precedente. Le comuni riduzioni concentriche non sono adatte allo scopo perché formano un ostacolo contro il quale si raccoglie il condensato. La figura mostra come sia preferibile usare una riduzione eccentrica in virtù della quale il condensato può proseguire naturalmente verso il punto di scarico.

Le derivazioni effettuate dalla parte superiore della tubazione principale permettono di prelevare vapore il più secco possibile. Se la derivazione fosse installata su un lato della tubazione o, peggio, sul lato inferiore essa diventerebbe punto di raccolta della condensa. Il risultato sarebbe quindi che l'apparecchiatura dell'impianto verrebbe alimentata con vapore umido.

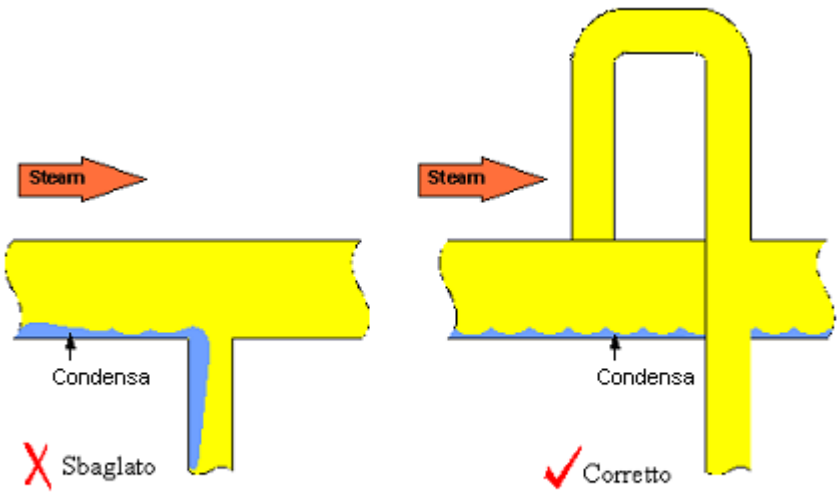
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



Tasche di raccolta condense



Riduzione di diametro su tubazioni vapore



Installazione di derivazione

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

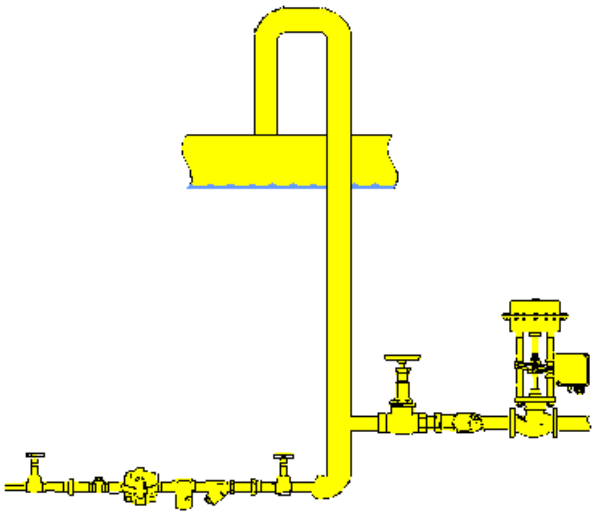
Le derivazioni effettuate dalla parte superiore della tubazione principale permettono di prelevare vapore il più secco possibile. Se la derivazione fosse installata su un lato della tubazione o, peggio, sul lato inferiore essa diventerebbe punto di raccolta della condensa. Il risultato sarebbe quindi che l'apparecchiatura dell'impianto verrebbe alimentata con vapore umido.

Derivazioni verso il basso

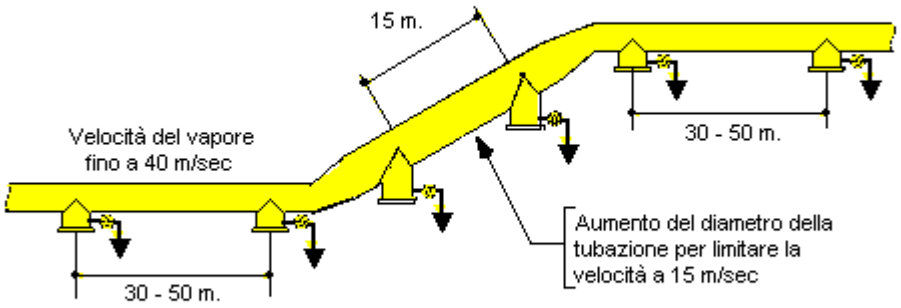
Ovviamente si possono avere punti bassi anche nelle linee derivate. La situazione più comune è uno stacco verso una valvola di intercettazione o di regolazione. Il condensato che si accumula a monte di queste valvole sarà, alla loro apertura, trascinato e si mischierà con il vapore.

E' pertanto necessario costituire un punto di drenaggio con relativo scaricatore automatico come mostrato dalla figura.

Si noti che la derivazione è stata effettuata dal punto superiore della tubazione principale; siccome l'acqua è più pesante rimarrà sul fondo della tubazione principale proseguendo il proprio cammino e sarà quindi derivato vapore il più secco possibile.



Corretta derivazione da una tubazione vapore



Installazione di una tubazione vapore con superamento di ostacoli

Percorrenze in salita

Non è infrequente dover installare una tubazione di vapore nel percorso della quale si incontrano ostacoli causati dalla conformazione del terreno, costruzioni o strutture da superare per cui non è possibile installare una tubazione orizzontale od in pendenza verso la direzione del flusso come precedentemente visto. Nei casi meno critici può essere sufficiente creare una

tubazione di raccordo verticale la cui altezza sia riferita al punto più alto da superare e di qui proseguire con pendenza verso il basso. Vi sono tuttavia casi in cui è solo possibile installare la tubazione con pendenza verso l'alto (piuttosto che verso il basso) in opposizione al flusso creato dal movimento del vapore. E' opportuno quindi mantenere bassa la velocità ed assicurarsi che la tubazione sia di diametro tale, almeno nella parte in pendenza, da limitare la velocità del vapore a non più di 15 m/s.

Similmente nel tratto in contropendenza anche la distanza tra due punti successivi di scarico della condensa dovrà essere ridotta a circa 15 m. Lo scopo è quello di evitare l'aumento di spessore della pellicola di condensato entro la tubazione fino al punto in cui il vapore, che si

muove in contro corrente, possa trascinare le gocce di condensato (come abbiamo visto succedere nel caso in cui vapore e condensato fluiscano nella medesima direzione).

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

IMPIEGHI TIPICI PER SCARICATORI DI CONDENSA
A = Scelta consigliata B = Scelta alternativa accettabile

IMPIEGHI	GALLEGGIANTE E TERMOSTATICO	SECCHIELLO ROVESCIATO	TERMO DINAMICO	A PRESSIONI EQUILIBRATE	BIME-TALLICO	GALLEGGIANTE E TERMOSTATICO+ ELIMINATORE INVASO VAPORE	GALLEGGIANTE + ELIMINATORE INVASO VAPORE
MENSE E COMUNITÀ							
Pentole di cottura fisse	A		B	B		B	B
Pentole di cottura rovesciabili				B		A	B
Pentole di cottura a piedestallo	B			A		B	B
RISCALDAMENTO OLII COMBUSTIBILI							
Serbatoi di stoccaggio		A	B				
Riscaldatori istantanei in linea	A	B					
Riscaldatori di presa (prelievo)	B	A					
Linee di tracciamento o incamiciate			B	A	B		
ATTREZZATURE OSPEDALIERE							
Autoclavi e Sterilizzatori	B	B		A		B	B
ESSICCAZIONE INDUSTRIALE							
Serpentine essiccazione (conformazione continua)	A	B		B	B		
Serpentine di essiccazione (conformazione a griglia		B		B	A		
Cilindri essiccatori	B	B				A	B
Essiccatoi a batterie a ranghi multipli	A	B		B			
ATTREZZATURE DI LAVANDERIA							
Presse per vestiti	B	B	A				
Presse piane e calandre	B	B	B	B		A	B
Gruppi di ricupero solventi	A	B	B				
Essiccatori a tamburo rotante	A	B				B	B
PRESSE DI STAMPAGGIO							
Presse a piani plurimi (connessioni parallele)	B	B	A				
Presse a piani plurimi (connessioni in serie)		B	A				
Presse stampaggio pneumatici	B	A	B				
ATTREZZATURE DI PROCESSO							
Reattori fissi	A		B	B		B	B
Reattori rovesciabili						A	B
Scambiatori per reattori birra	A	B				B	B

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

IMPIEGHI	GALLEGGIANTE E TERMOSTATICO	SECCHIELLO ROVESCIATO	TERMO DINAMICO	A PRESSIONI EQUILIBRATE	BIME-TALLICO	GALLEGGIANTE E TERMOSTATICO+ ELIMINATORE INVASO VAPORE	GALLEGGIANTE + ELIMINATORE INVASO VAPORE
Evaporatori	A	B				B	B
Vulcanizzatori	B	A					
RISCALDAMENTO AMBIENTE							
Scambiatori di calore	A	B				B	B
Pannelli e strisce radianti	A	B	B			B	B
Radiatori e convettori radianti	B			A	B		
Tubi alettati aerei	B						
DISTRIBUZIONE VAPORE							
Collettori di distribuzione	B	B	A	B			
Separatori	A	B	B	B			
Drenaggio antigelo				B			
SERBATOI E VASCHE							
Vasche di processo con innalzamento interno	B	B	A	B			
Vasche di processo con uscita dal basso	A	B	B	B			
Serbatoi con serpentini (riscaldamento veloce)	A	B		B			

PRINCIPALI TIPI DI SCARICATORI DI CONDENSA

Nella scelta delle caratteristiche degli scaricatori di condensa per le tubazioni di distribuzione vapore si devono tenere presenti tutti i vari aspetti inerenti l'installazione specifica.

Lo scaricatore è destinato a scaricare condensato alla temperatura di saturazione o ad una molto prossima, a meno che non si sia previsto il montaggio con lunghe tasche di raccolta e raffreddamento.

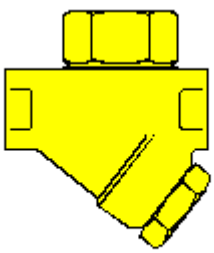
Ciò significa che la scelta del tipo di scaricatore è spesso fatta tra quelli di tipo meccanico quali quelli a galleggiante/termostatico od a secchiello rovesciato oppure tra quelli di tipo termodinamico.

Scaricatori di tipo termodinamico (TD)

Nei casi in cui le tubazioni principali sono installate all'esterno ed esiste quindi la possibilità di danni derivanti dal gelo, è conveniente la scelta di scaricatori di tipo termodinamico poiché anche se l'installazione è tale da lasciare del condensato nello scaricatore alla fermata dell'impianto ed anche nell'eventualità che questo condensato dovesse gelare lo

scaricatore può essere sgelato e posto in funzionamento senza danni o precauzioni particolari. Lo scaricatore di tipo termodinamico scaricherà più facilmente l'aria se installato con la testa di comando verso il basso, e se è previsto lo scarico per gravità, in questa posizione eliminerà più facilmente il condensato alla fermata dell'impianto. Gli svantaggi in questo caso sono inerenti alla pulizia del filtro, poiché vi è il pericolo che le sostanze

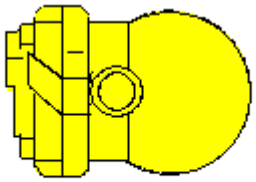
trattenute dal filtro ricadano nella tubazione, ed alla possibilità di maggiori usure del seggio poiché per richiudersi lo scaricatore necessita di una più alta velocità del fluido. E' quindi consigliabile l'installazione degli scaricatori nella posizione normale anziché quella rovesciata utilizzando modelli provvisti di dispositivi che ne potenziano la sensibilità all'aria che saranno particolarmente utili all'avviamento dell'impianto.



Scaricatore di Condensa Termodinamico

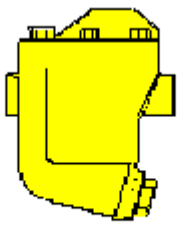
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Scaricatore a galleggiante sferico
Gli scaricatori di questo tipo utilizzano l'azione del galleggiante per azionare una valvola a spillo. Si è detto che il galleggiante può schiacciarsi o danneggiarsi a causa di eventuali colpi d'ariete, questo fenomeno è ormai abbastanza raro grazie all'impiego di materiali più adatti e ad una costruzione volta allo scopo. Gli scaricatori di questo tipo sono particolarmente adatti quali scarichi automatici di separatoriinstallati all'uscita delle caldaie od in linea su tubazioni vapore o per altri servizi.
Le alte capacità di scarico possibili e la quasi istantanea risposta alle variazioni di carico sono le caratteristiche apprezzate di questo tipo di scaricatore, la cui versatilità di applicazione è molto vasta, dagli scambiatori alle batterie di riscaldamento alle varie apparecchiature di processo, ecc.
La funzione dell'elemento termostatico nello scaricatore è di permettere lo scarico dei gas incondensabili contenuti nel vapore.



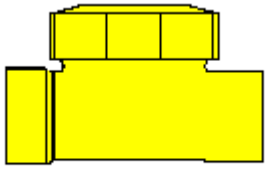
Scaricatore di Condensa a Galleggiante e Termostatico

Scaricatore a Secchiello Rovesciato
Per la loro robusta costruzione e specialmente per lunghe tubazioni di grande diametro ed in servizio continuo, gli scaricatori a secchiello rovesciato sono i più adatti allo scopo. Speciale attenzione va rivolta all'impiego di questi scaricatori su tubazioni vapore corte e di piccolo diametro poiché si potrebbero verificare condizioni di basso carico che portano alla perdita della condensa di tenuta, cosa che causa in definitiva perdite di vapore vivo. La figura mostra uno scaricatore tipicamente usato per lo scarico di condensa dalle tubazioni di distribuzione vapore.



Scaricatore di Condensa a Secchiello Rovesciato

Scaricatori di tipo termostatico
La figura illustra un tipico scaricatore di condensa termostatico a pressioni equilibrate. Questi apparecchi sono di piccole dimensioni, sono inoltre leggeri e, rispetto alla loro dimensione, hanno grande capacità di scarico. La valvola è completamente aperta a freddo permettendo quindi lo scarico dell'aria all'avviamento ed il massimo scarico di
condensato nel momento di maggior carico. Questo tipo di scaricatore non è soggetto a congelamento se montato all'aperto, a meno che la tubazione a valle non sia in risalita formando una colonna di condensa che allagherà lo scaricatore nel momento in cui il vapore verrà intercettato.



Scaricatore di Condensa Termostatico

Quale scaricatore per quale utilizzo
Per definizione gli scaricatori di condensa devono trattenere il vapore permettendo nello stesso tempo il passaggio dell'aria, di gas incondensabili e della condensa. I principali requisiti di un buon scarico della condensa sono già stati descritti e vale la pena ripetere che il rendimento dell'impianto è di somma importanza. Non è di alcuna utilità disporre di scaricatori che funzionino con la massima affidabilità se il rendimento dell'impianto diminuisce; non è certamente auspicabile il ridurre la manutenzione se questo provoca perdite del sistema o allagamenti e corrosione dell'impianto e tantomeno cali produttivi e/o di qualità.
Una tabella guida sui criteri di scelta per i vari tipi di scaricatori in funzione dell'utilizzo pubblicata nelle pagine precedentii e nel nostro catalogo generale "Vapore" e ulteriori informazioni legate al campo applicativo sono reperibili nel manuale "Steam trapping and air venting". Questo paragrafo intende evidenziare alcuni dei fattori importanti per la scelta dello scaricatore presupponendo che le esigenze di pressione, portata di condensa e spurgo dell'aria siano state affrontate fin dalla fase preliminare di scelta.

Colpo d'ariete
Il colpo d'ariete, qualunque sia la causa, può danneggiare gli scaricatori di condensa impedendone il loro regolare funzionamento. È quindi importante che questa possibilità sia riconosciuta e che lo scaricatore sia scelto conformemente.
Il colpo d'ariete si verifica quando un accumulo d'acqua presente nell'impianto viene trascinato ad alta

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

velocità nelle tubazioni principali del vapore o nelle serpentine mal disposte oppure quando ci sia una linea di risalita dopo uno scaricatore di condensa. Anche quando la pressione del vapore sembra adeguata e sufficiente ad effettuare l'innalzamento, ciò può non avvenire all'avviamento o quando l'impianto da scaricare è soggetto all'azione di regolatori di temperatura. Anche lo scarico di condensa in una linea di ritorno servita da pompe può produrre il proprio tipico colpo d'ariete. Gli elementi termostatici a soffietto corrugato, caratterizzati da pareti molto sottili o flessibili e spesso utilizzati in scaricatori termostatici tradizionali o inseriti come eliminatori d'aria negli scaricatori a galleggiante, sono un componente chiaramente vulnerabile e danneggiabile dal colpo d'ariete. Il problema è stato risolto nei modelli che utilizzano capsule inox dal disegno particolare studiato come illustrato nelle nostre specifiche tecniche. I moderni scaricatori termostatici a pressioni equilibrate e gli scaricatori a galleggiante, che impiegano tali capsule unitamente a tutte le versioni a secchiello rovesciato sono in genere resistenti ai danneggiamenti da colpo d'ariete. Oltre a questi tipi, anche gli scaricatori termodinamici e i modelli termostatici a bimetallo offrono una particolare resistenza al colpo d'ariete.

Invaso di vapore

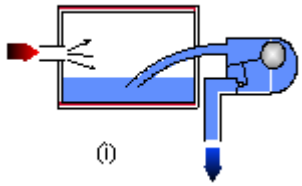
La possibilità di blocco dell'apparecchio da vapore può essere un fattore decisivo per la scelta del tipo di scaricatore di condensa da impiegare. L'invaso di vapore può verificarsi quando lo scaricatore viene installato lontano dall'impianto da scaricare e diventare notevole quando la condensa viene rimossa attraverso un tubo sifone o comunque immerso.Le figure mostrano la rimozione della condensa da un cilindro rotante di essiccazione.

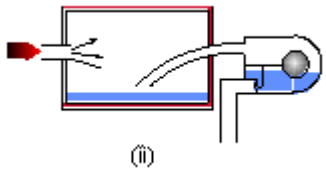
In figura(i) a la pressione del vapore è sufficiente ad innalzare la condensa, attraverso il tubo sifone, fino allo scaricatore e alla rete di ritorno. La figura (ii) mostra cosa avviene quando il livello della condensa, sul fondo del cilindro, scopre l'estremità del tubo sifone: il vapore entra nel tubo sifone e causa la chiusura dello scaricatore che in questo caso è del tipo a galleggiante. Lo scaricatore rimane quindi bloccato dal vapore. La perdita di calore dal cilindro continuerà a produrre condensa che non potrà più raggiungere lo scaricatore. La figura (iii) mostra un consistente allagamento del cilindro che presto si tradurrà in un potere di essiccazione ridotto e in un aumento della energia richiesta per la rotazione del cilindro. In casi estremi il cilindro si riempie fino alla linea dell'asse e la situazione può causare gravi danni meccanici ai giunti rotanti e ai cuscinetti di supporto altre a perdita di produzione o difetti di lavorazione.

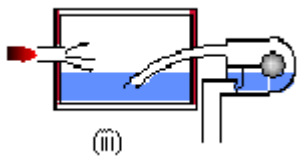
Concetto dell'Invaso di Vapore negli Scaricatori

Per risolvere questo problema lo scaricatore dovrà essere equipaggiato con un "eliminatore di invaso di vapore" o con una "unità combinata eliminatore d'aria/invaso di vapore". L'eliminatore di invaso è una valvola a spillo che permette lo scarico del vapore bloccato nel tubo sifone mediante by-pass della valvola principale. Il tipo a galleggiante è l'unico scaricatore con questo dispositivo ed è l'unica scelta per applicazioni così pesantemente caricate come i cilindri di essiccazione. La valvola a spillo viene regolata con apertura minima onde evitare perdite di vapore; si avrà quindi una capacità limitata di spurgo dell'aria a meno che non si impieghi il sistema congiunto con eliminatore d'aria.

Per questa ragione gli scaricatori di questo tipo sono spesso provvisti di spurgo dell'aria separato mentre in altri si combinano i due dispositivi per l'eliminazione del blocco del vapore e dell'aria. Chiaramente ciascun scaricatore che apra a intervalli in seguito alla perdita di calore dal corpo alla fine riesce a eliminare il blocco del vapore; tuttavia lo scarico risultante sarà irregolare ed erratico e il metodo risulterà accettabile solamente con utenze vapore piccole e non critiche.







ACCESSORI

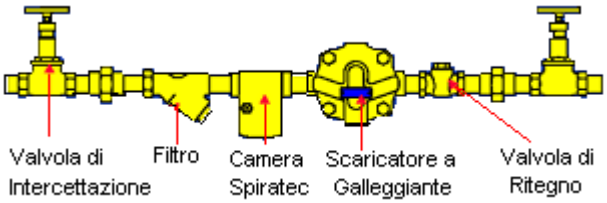
Gli impianti vapore, per essere installati in modo efficiente, necessitano di una vasta gamma di apparecchiature accessori, che includono:

- Valvole di intercettazione o di isolamento
- Valvole di ritegno o di non ritorno
- Filtri
- Separatori
- Eliminatori di aria
- Spie visive
- Unità spiratec di controllo funzionalità degli scaricatori

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Valvole di intercettazione o di isolamento.
L'isolamento di parte di un impianto è necessario per:
Manutenzione, riparazione o sostituzione.
Fermata dell'impianto
Deviazione dei fluidi
Blocco dei fluidi

Vari tipi di valvole di intercettazione usate sul vapore.
- Valvole a sfera
- Valvole a soffietto
- Valvole a farfalla
- Valvole a pistone
- Valvole di ritegno



Gruppo Completo di Drenaggio

Valvole a Sfera
- Compatte e leggere, facile da installare
- Montaggio ISO, facile da automatizzare
- Alta qualità delle tenute sullo stelo-zero emissioni
- Manutenzione in linea per alcune versioni
- Leva di attuazione ergonomica
- Stelo a prova di esplosione-sicurezza operatore

Valvole a Sfera

Valvole con tenuta a soffietto
- Prevengono perdite sullo stelo
- Risparmio di energia
- Migliora la sicurezza
- Rispetta l'ambiente
- Minimizza la manutenzione

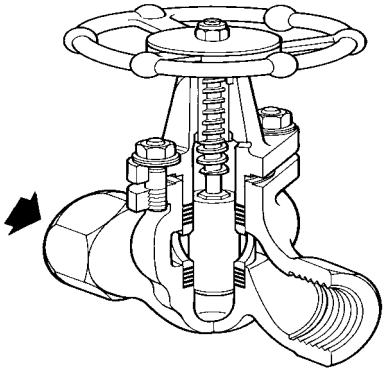
Valvole con tenuta a Soffietto

Valvole a farfalla
- Leggere e facilmente supportabili dalle tubazioni
- Compatte:occupano poco spazio sulle tubazioni
- Migliorano l'efficienza energetica in quanto permettono un facile isolamento.
- Minima caduta di pressione .
- Evitano l'accumulo di sporcizia e di incrostazioni.
- Semplice da manovrare.
- Lunga vita

Valvole a Farfalla

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Valvole a pistone
La valvola con la sede facile da sostituire che ha un'ampia area effettiva di tenuta.

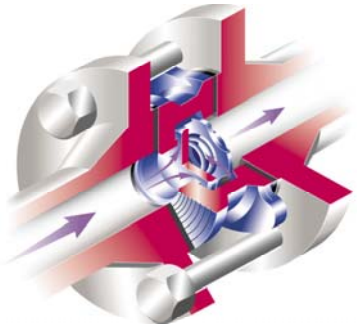


Valvola a pistone

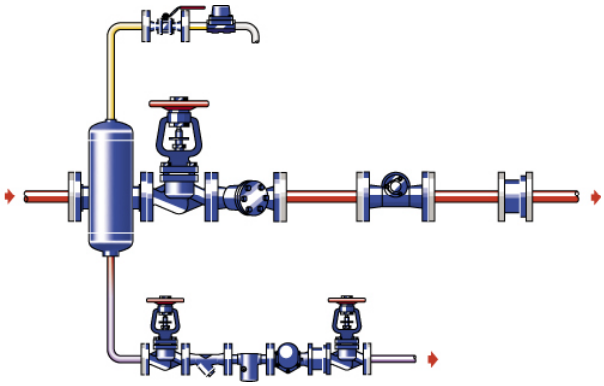
Valvole di ritegno
Le valvole di ritegno hanno la funzione di prevenire il ritorno del flusso e sono usate per proteggere le apparecchiature che possono essere danneggiate dal ritorno di flusso. Sono anche utilizzate per verificare le sorgenti di pressioni associate con le forze idrauliche es. colpo di ariete.

Protezione dal ritorno di flusso

- Linee di processo
- Sistemi di riscaldamento
- Installazioni sprinkler
- Linee di oli
- Sistemi di acqua calda e fredda
- Linee vapore e condense



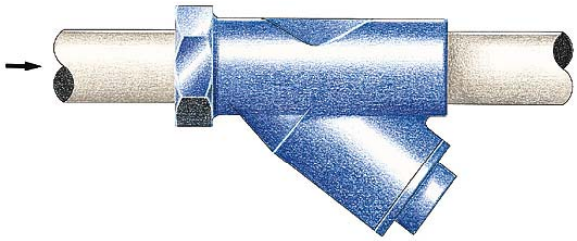
Valvola di Ritegno



Protezione dei componenti di linea

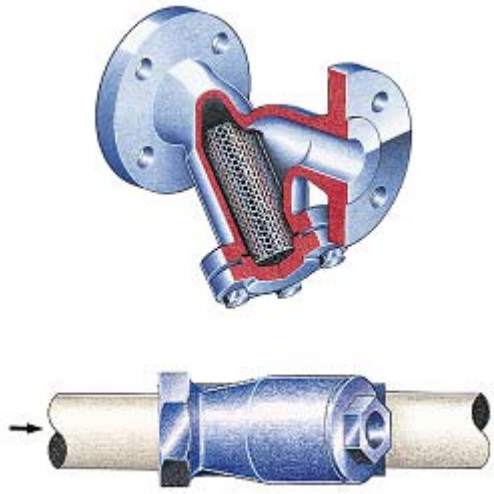
Filtri

I filtri sono accessori necessari per proteggere le valvole di regolazione dall'ingresso di scorie e detriti. Come mostrato nella figura i filtri installati con il cestello di filtraggio inferiormente alla tubazione si riempiono di condensa specialmente quando le valvole di regolazione sono chiuse. L'apertura della valvola di regolazione, richiesta dalle variate condizioni di carico dall'apparecchio, provoca il trascinamento della condensa giacente nel filtro verso gli organi di otturazione della valvola stessa; la miscela condensa/vapore a queste alte velocità risulta molto erosiva e può quindi usurare la valvola e comprometterne la tenuta. È questo un vero e proprio fenomeno erosivo causato dalla presenza dell'acqua nel vapore che si muove ad altissima velocità tra sede ed otturatore. Questo fenomeno è esaltato in modo particolare
nelle valvole sovradimensionate e spesso è erroneamente imputato all'azione del vapore anziché al condensato. Ciò può essere evitato semplicemente montando il filtro rivolto non sotto la tubazione ma orizzontalmente. D'altro canto però se il vapore è molto umido causa punti di scarico insufficienti "l'erosione" può ugualmente avvenire.

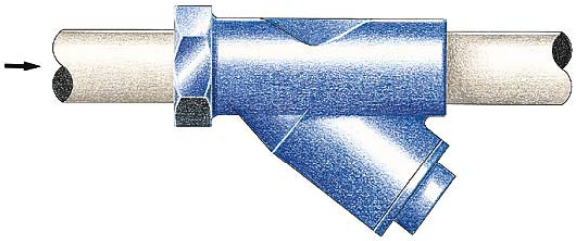


Filtro a Y

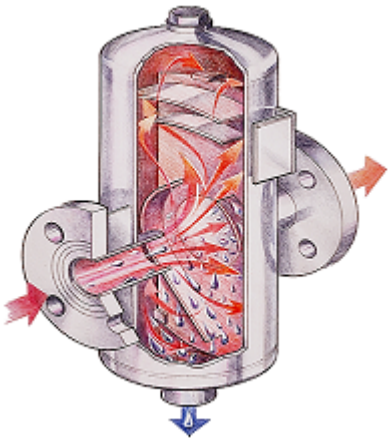
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



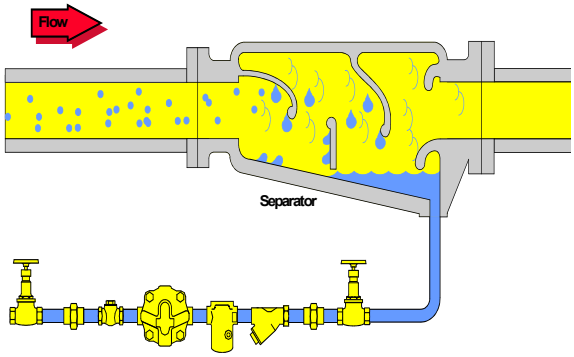
Tipica installazione Filtri su Gas e Vapore



Tipica installazione Filtri su Liquidi



Separatore di Condensa



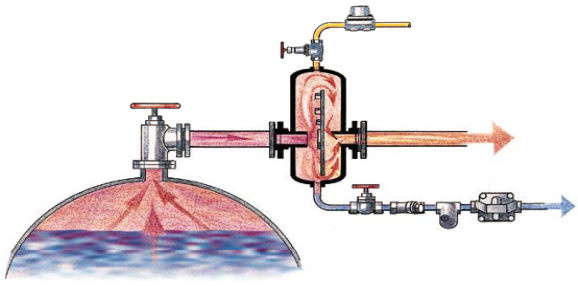
Tipica applicazione Separatore di Condensa

Separatore di Condensa

E' necessario fare alcune considerazioni sull'appropriato posizionamento ed allineamento delle tubazioni di derivazione e di servizio delle apparecchiature accessorie nonché sugli scarichi o gli sfoghi d'aria. Le tubazioni del vapore non sono un'eccezione.

Il vapore in uscita da una caldaia o da altro generatore è spesso più umido di quanto si creda, e nel caso che non si provveda all'eliminazione di questa condensa, nel punto d'utilizzo del vapore si avrà un fluido vettore con una più bassa capacità di scambio termico rispetto a quella che ci si aspetterebbe dal vapore saturo secco.

L'uso di un separatore per la rimozione della condensa è indispensabile ed è mostrato nella figura. Il dimensionamento dei separatori non è difficile in quanto generalmente si sceglie lo stesso diametro della tubazione sulla quale vanno installati. Il separatore deve essere corredato di uno scaricatore automatico di condensa di tipo meccanico, ad esempio a galleggiante, adeguatamente dimensionato.



Tipica installazione Separatore di Condensa uscita Vapore Caldaia

Eliminatori di Aria nei sistemi a fluidi liquidi

L'aria ed altri gas in condensabili debbono essere rimossi dai sistemi o linee che trasportano liquidi per assicurarne il corretto funzionamento.

La presenza di aria o gas nei circuiti possono:

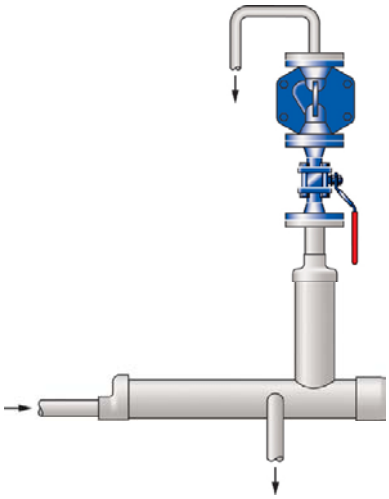
- Creare eccessivo rumore
- Promuovere la corrosione

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

- Creare blocchi al riempimento dei sistemi e problemi alle pompe di circolazione
- Creare una barriera al trasferimento del calore
- Influenzare misure e Regolazioni
- Aumentare i costi di manutenzione

In casi estremi può mettere l'impianto fuori servizio.

Eliminatori di aria manuali si possono usare in fase di avviamento ,ma dopo la loro utilità è trascurabile. L'aria ed il gas arrivano ad un punto di eliminazione dopo parecchio tempo .in posti inaccessibili per cui i sistemi manuali non sono molto consigliati.La risposta è data dai sistemi di eliminazione automatici

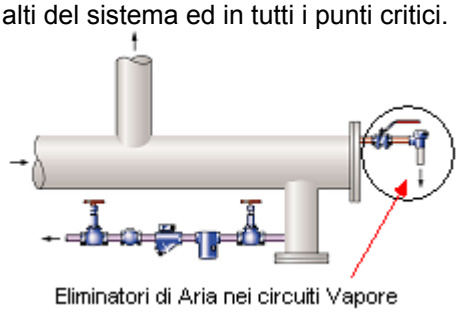


Eliminatore di aria nei circuiti di H_2O calda

Eliminatori di aria per i sistemi vapore.

L'obbiettivo di molti impianti vapore è di trasferire calore al prodotto da riscaldare.

La presenza di aria sulle superfici di trasferimento causa delle zone di temperatura più bassa che previene il trasferimento. Il riscaldamento sarà disuniforme influenzando la qualità dei prodotti trattati.La presenza di aria può bloccare gli scaricatori stimolando la corrosione e generando problemi di manutenzione. L'aria entra normalmente dopo una fermata dell'impianto quando il vapore è condensato e viene drenato.Gli eliminatori di aria devono essere installati nel punto più lontano rispetto all'entrata vapore perché è dove l'aria tende a concentrarsi.Devono essere installati nei punti più alti del sistema ed in tutti i punti critici.



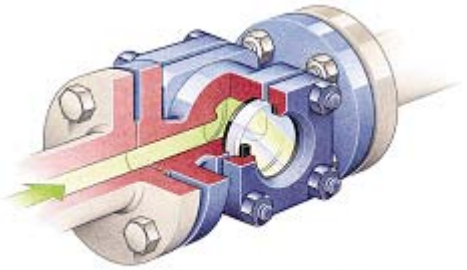
Eliminatori di Aria nei circuiti Vapore

Indicatori di Passaggio

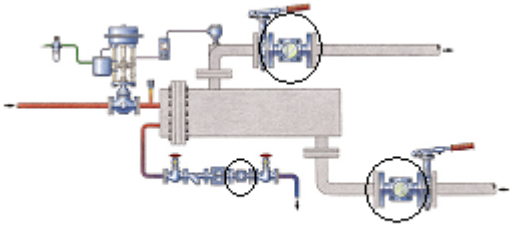
Ci sono due ragioni principali per usare gli indicatori di passaggio:

-Come indicatore di flusso, inserito in una tubazione per indicare che il flusso è corretto
- Per rilevare il bloccaggio di valvole, filtri, scaricatore o qualsiasi altro componente di linea che può ridurre l'efficienza e la sicurezza dell'impianto.

Altre funzioni importanti degli indicatori di passaggio (o spie visive) è quello di verificare se gli scaricatori di condensa funzionano correttamente; può inoltre essere utilizzati per verificare il colore di un prodotto ai vari stadi del processo produttivo, in modo da poter intervenire e fare i dovuti aggiustamenti.



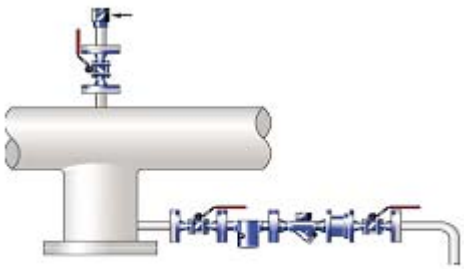
Indicatore di Passaggio



Applicazioni tipiche di Indicatori di Passaggio

Valvole Rompivuoto

Le valvole Rompivuoto proteggono le apparecchiature dal vuoto e permettono allo stesso tempo il drenaggio delle tubazioni e serbatoi.



Tipica applicazione di Valvola Rompivuoto

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

SCELTA E MONTAGGIO COMPENSATORI DI DILATAZIONE

INDICE

Argomento	Pagina
Compensatori di dilatazione	2
Varie tipologie di compensatori	3 - 5
Posizione dei punti fissi	6
Calcolo delle dilatazioni	6
Scelta compensatori	8
Calcolo delle spinte	10
Posizioni delle guide	11
Preallungamento compensatori	11
Esempio di calcolo	12 - 17
Tabella dilatazione delle tubazioni	18

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

COMPENSATORI DI DILATAZIONE

Prima di passare a descrivere nel dettaglio il tipo di impianto in esame trattiamo l'argomento relativo ai Compensatori di dilatazione.

L'importanza dei compensatori di dilatazione nella progettazione di reti di distribuzione di fluidi soggetti a forti escursioni di temperatura è nota a tutti i progettisti che operano nel capo degli impianti.

L'esteso impiego in ambiente industriale e la sensibile espansione dei compensatori a soffietto ci offre lo spunto per occuparci di questo argomento.

Prima di addentrarci nella parte applicativa, che è senz'altro quella che più interessa i tecnici, desideriamo esaminare le principali caratteristiche costruttive dei compensatori e fare una breve rassegna dei tipi che utilizzano per il loro movimento uno o più soffietti.

E' intuitivo che un soffietto, ossia un cilindro a pareti ondulante trasversalmente, sia facilmente allungabile o accorciabile ed, entro certi limiti, flessibile e come tale possa essere impiegato per assorbire le dilatazioni delle tubazioni in cui è inserito. Un giunto di questo tipo può svolgere la stessa funzione di un compensatore a omega (fig.1) o di un compensatore telescopico (fig.2), quest'ultimo costituito da due tubi di diverso diametro che possono scorrere l'uno entro l'altro.

I compensatori ad omega, a parte la difficoltà di costruzione, richiedono molto spazio applicativo all'esterno dell'asse naturale della tubazione,
(spazio che ovviamente aumenta con l'aumentare del movimento da assorbire, della pressione e della temperatura di esercizio) ed hanno limiti sensibili a causa delle tensioni che sorgono nel materiale a seguito della curvatura della tubazione.

I compensatori di tipo telescopico, d'altra parte, presentano problemi di tenuta delle guarnizioni e richiedono una manutenzione frequente e costosa.

I limiti di queste due alternative hanno favorito l'impiego e lo sviluppo dei compensatori a soffietto. Inizialmente venivano impiegati soffietti a grosso spessore, anzi si trattava di anelli saldati circonferenzialmente tra loro a formare un corpo molleggiante (fig. 3) che ovviamente richiedeva forze notevoli per la sua deformazione.

Fu successivamente sperimentato che, rullando accuratamente a freddo tubi di spessore sottile, si potevano formare dei soffietti facilmente comprimibili senza creare eccessive tensioni nel materiale. Oggi i soffietti vengono ottenuti sia meccanicamente mediante rullatura con due ruote opportunamente sagomate, che idraulicamente, esercitando altissime pressioni all'interno del tubo a sua volta contenuto in uno stampo matrice avente la forma voluta per il soffietto.

In alcuni casi, per aumentare la resistenza alla pressione e/o l'allungamento, nella gola delle anse vengono inseriti degli anelli di rinforzo come indicato nella fig. 4.

Il tubo di partenza è normalmente ottenuto da lamiera di spessore e materiale adatti, successivamente calandrata e saldata longitudinalmente.

Un importante sviluppo nella costruzione di soffietti fu l'introduzione delle esecuzioni multistrato

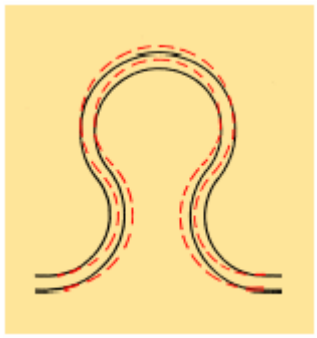


Fig.1

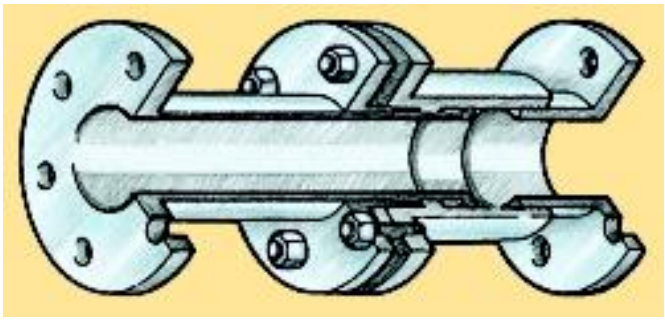


Fig. 2

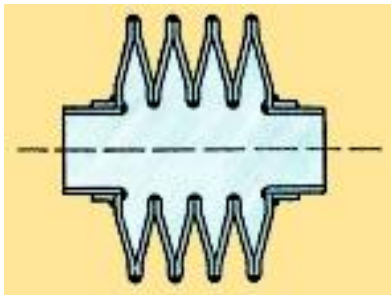


Fig. 3

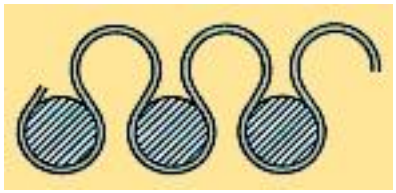


Fig. 4

Fig. 5

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

per la costituzione del corpo molleggiante.
In altre parole la parete del soffietto è costituita da due o più strati di spessore più sottile della corrispondente parete singola (fig. 5).
Si è trovato che, con questo tipo di costruzione, si ottiene una maggior flessibilità e quindi una minor resistenza al movimento assiale e/o laterale a parità di resistenza alla pressione interna e di movimento totale effettuato.
In esercizio il soffietto, a causa dei continui allungamenti e accorciamenti cui è sottoposto, tende a snervarsi per fatica. E' quindi importante conoscere il suo ciclo di vita ossia il numero di complete espansioni e contrazioni (corsa) che esso può sopportare prima del collasso. La vita del giunto è in stretta relazione con la pressione, con la corsa e la temperatura di impiego.
Nella figura 6 è rappresentata la relazione tra il numero dei cicli sopportabili e la corsa effettuata. Dal diagramma si vede che riducendo la corsa del 40% rispetto al massimo possibile, la durata del giunto aumenta notevolmente (da 1.000 a 41.000 cicli).
Nella figura 7 è invece rappresentata la relazione esistente tra la temperatura, la corsa e la pressione di esercizio. Dalla curva si rileva che aumentando la temperatura di esercizio occorre ridurre o la corsa o la pressione di impiego. La riduzione diventa impellente e notevole al di spora dei 500°C.
Un sistema sicuro per aumentare la durata del soffietto, a parità di corsa, sarebbe quello di aumentare il numero delle corrugazioni in modo che ciascuna di esse sia sottoposta ad un minor movimento ed a stress limitato.
Esistono tuttavia delle limitazioni dovute all'instabilità meccanica di un soffietto troppo lungo e dotato di un numero troppo elevato di corrugazioni.
Nella figura 8 è rappresentato un compensatore soggetto a deformazione anomala in seguito a compressione, a causa di un numero eccessivo di ondulazioni.
Come già anticipato, ha molta importanza la temperatura di esercizio. Per questo motivo, mentre per le esecuzioni normali i soffietti sono normalmente costruiti in acciaio inossidabile 18/8, per le temperature oltre i 500 °C vengono impiegate leghe o metalli speciali quali l'incoloy, il titanio e gli acciai inossidabili appositamente legati per stabilizzarne le caratteristiche alle alte temperature.
Per quanto riguarda la costruzione dei soffietti, particolare importanza ha l'esecuzione della saldatura longitudinale del tubo di origine, prima della formazione delle ondulazioni; tale saldatura deve essere eseguita in modo da non aumentare lo spessore di parete e nello stesso tempo senza ridurre localmente la resistenza rispetto la lamiera. Ciò può essere ottenuto soltanto impiegando macchine automatiche ed eseguendo severi e frequenti controlli di qualità che devono comprendere, oltre alle normali prove idrauliche anche prove di tenuta mediante gas alogeni, radiografie delle saldature, ecc.. Un'importante fattore da tenere in considerazione prima di acquistare un compensatore di dilatazione è la tecnologia impiegata nella sua costruzione dato che, trattandosi di un apparecchio "vivo", anche i più piccoli difetti di costruzione possono esaltarsi in tempi molto brevi durante l'esercizio.
Fatte queste premesse di carattere generale, possiamo ora passare brevemente in rassegna i vari tipi di compensatori di dilatazione disponibili in commercio esaminandone il campo di impiego.

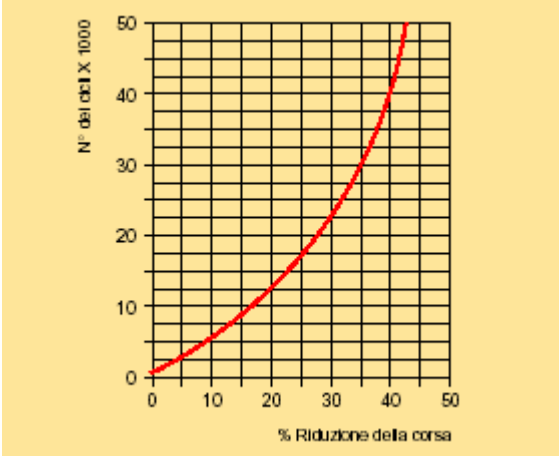


Fig. 6

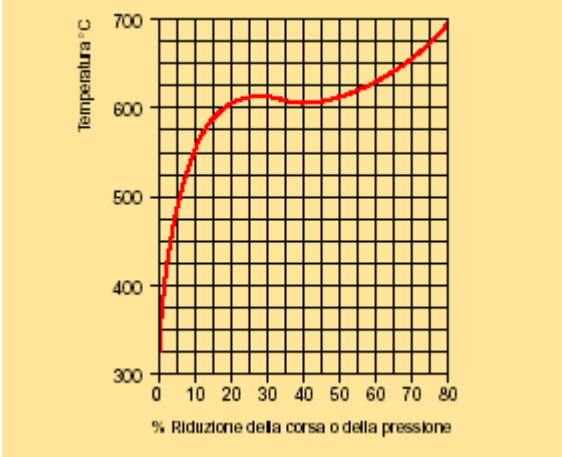


Fig. 7

Compensatori Assiali (fig. 9). Sono previsti per assorbire movimenti sia di allungamento (trazione) che di accorciamento (compressione) esclusivamente lungo l'asse longitudinale del soffietto.
La corsa disponibile è normalmente specificata come ± rispetto alla lunghezza libera che è quella del compensatore, a freddo, prima del suo inserimento nella tubazione. Ciò significa che il soffietto può accorciarsi e allungarsi dello stesso ammontare rispetto alla sua lunghezza base iniziale.
Per tanto per utilizzare tutto il movimento del compensatore, una volta noto in quale direzione

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

esso si manifesterà, occorrerà effettuare l'installazione con una pretensione o una precompressione che sarà funzione della temperatura a cui viene fatta l'installazione e delle escursioni di temperatura che la linea subirà prima, durante e dopo l'esercizio.
Un errore nella valutazione della corretta lunghezza di montaggio può

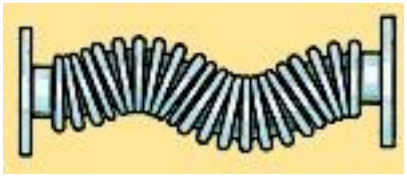


Fig. 8

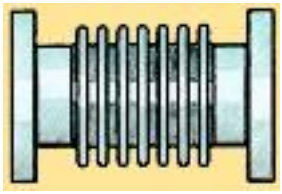


Fig. 9

Fig. 10

compromettere la durata del soffietto o addirittura provocarne la rottura al momento della messa in esercizio. Altri punti importanti per il corretto funzionamento dei compensatori assiali e quindi per la loro durata, sono le guide della tubazione che dovranno fare in modo che il movimento avvenga solo lungo l'asse del soffietto. Altrettanto importanti sono gli ancoraggi che assicurino che la dilatazione avvenga solo nella direzione voluta.
I compensatori assiali sono normalmente disponibili con estremità a saldare di testa ma possono essere forniti, a richiesta, anche con attacchi a flangia.

Compensatori Assiali Autoguidati
(fig. 10).
Si tratta di compensatori simili ai precedenti ma studiati per applicazioni negli impianti di riscaldamento e di condizionamento e con limitazioni di diametro e movimento. Come si può vedere dalla figura, sono provvisti sia di una guida interna che di una guida esterna che assicurano e facilitano il montaggio con il perfetto allineamento degli attacchi. Vengono inoltre costruiti e confezionati con un certo preallungamento e tenuti in posizione mediante una vite di blocco in modo da mantenere la giusta lunghezza di montaggio (pretensione) che assicuri lo sfruttamento di tutta la corsa disponibile.
Una volta montato il giunto e fissata la tubazione, viene tolta la vite di fermo per consentire il libero movimento della tubazione al variare della temperatura.
In casi eccezionali, quando si prevede che la temperatura della linea scenda notevolmente rispetto a quella di montaggio prima che l'impianto entri in esercizio, può essere necessario modificare il preallungamento di fabbrica. **Compensatori Assiali a Pressurizzazione Esterna** (fig. 11). Vengono impiegati per assorbire movimenti assiali rilevanti in reti ad alta pressione.
La pressione di linea è applicata all'esterno del soffietto attraverso una fessura tra uno dei tronchetti di estremità e la guida esterna cui è saldato il soffietto. Una cassa esterna, capace di resistere alla pressione di linea, contiene il soffietto cui è saldato all'estremità opposta. A parità di spessore i soffietti sopportano pressioni maggiori.
Compensatori Universali (fig. 12). Sono ottenuti unendo due soffietti mediante un tratto di tubo centrale. Poiché la loro caratteristica principale è quella di poter assorbire movimenti sia assiali che laterali, essi vengono impiegati quando i movimenti laterali, cioè perpendicolari all'asse della tubazione, possono diventaresensibili.
Devono però essere impiegati in sistemi a bassa pressione quali condotte per gas di scarico da turbine, da motori diesel, ecc... **Compensatori Universali a Spinta Eliminata** (fig. 13).
Nelle reti a pressioni medie alte dove è necessario limitare la spinta sulle tubazioni, i compensatori universali vengono provvisti di due o più tiranti aventi le estremità a snodo sferico alloggiato nelle flangie.
I tiranti, mantenendo costante la lunghezza del compensatore, assorbono completamente la spinta esercitata dalla pressione evitando che si trasmetta alle tubazioni adiacenti.
Giunti così fatti sono adatti ad assorbire solo movimenti laterali il cui ammontare dipende dalla lunghezza del tratto di tubo intermedio. Quando siano provvisti solo di due tiranti, sono possibili anche movimenti angolari rispetto alle due flangie di estremità.

Compensatori Angolari Semplici (Hinged) (fig. 14).
I compensatori di questo tipo sono adatti ad assorbire movimenti angolari in un solo piano mediante deformazione angolare del soffietto. I perni della cerniera assorbono la spinta esercitata dalla pressione per cui questi compensatori sono particolarmente adatti quando non è possibile realizzare guide e punti di ancoraggio sufficientemente robusti. Per consentire movimenti su piani combinati i compensatori angolari vengono normalmente impiegati a coppie.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

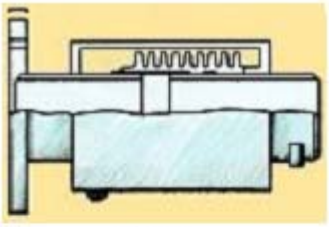


Fig. 11

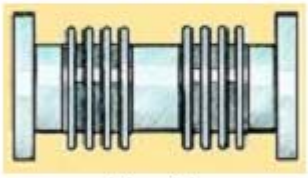


Fig. 12

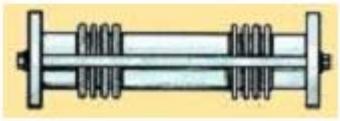


Fig. 13

Compensatori Angolari Doppi
(fig. 15).
Sono costituiti da due giunti angolari semplici, uniti tra loro da due tiranti che tengono uniti i perni delle cerniere. Anche in questo caso viene eliminata ogni spinta sulle tubazioni adiacenti. La dilatazione del tratto di tubo intermedio è assorbita dai due soffietti.
Il movimento del complesso è di tipo angolare in un solo piano ma la deformazione dei due soffietti può avvenire anche in sensi opposti.
Compensatori Angolari Sferici, Gimbal (fig. 16).
Volendo ottenere movimenti angolari in qualsiasi piano si impiegano i compensatori angolari sferici costituiti da due giunti angolari semplici i cui perni, ortogonali fra loro, sono fissati ad un anello comune. Anche in questo caso ogni spinta verso le estremità, causata dalla pressione, è eliminata essendo sopportata dalle cerniere e dall'anello centrale.
Come nel caso dei giunti angolari semplici, anche i compensatori angolari sferici vengono impiegati a coppie in modo da consentire movimenti laterali della rete in qualsiasi piano.
Compensatori a Spinta Compensata (fig. 17).
Uno dei più importanti problemi da superare, quando si ha una concomitanza di alta pressione ed elevati diametri di tubazioni è che i compensatori a soffietto devono essere opportunamente guidati e ancorati.
Esistono però casi abbastanza frequenti in cui gli ancoraggi non possono essere costruiti con la robustezza richiesta, ad esempio per la presenza di macchinari che non possono sopportare le spinte dovute alla presenza dei compensatori, oppure casi in cui il movimento in più piani rende problematica la determinazione dei punti fissi.
Si ricorre allora ai compensatori autobilanciati che sono realizzati in modo da eliminare la spinta dovuta alla pressione interna.
Uno dei compensatori autobilanciati più comunemente usato è quello rappresentato nelle fig. 17 e 18.
In questo caso l'effetto della pressione di linea è bilanciato mediante un soffietto cieco B, in comunicazione con la tubazione, applicato all'esterno di una curva e collegato, mediante una coppia di tiranti, alla estremità opposta del soffietto A che è quello che deve assorbire i movimenti del sistema.
Mediante i tiranti, ogni spinta sulle tubazioni è completamente eliminata e il soffietto A può assorbire sia movimenti assiali che laterali.
Proseguiremo nel prossimo numero l'esame con la determinazione dei punti di ancoraggio e di installazione dei giunti ed il calcolo delle dilatazioni di linea ed assorbibili dai giunti.

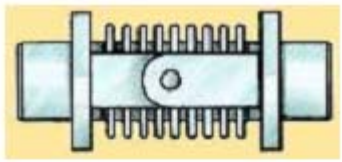


Fig. 14

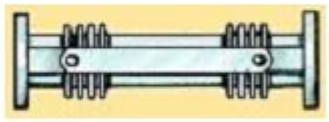


Fig. 15

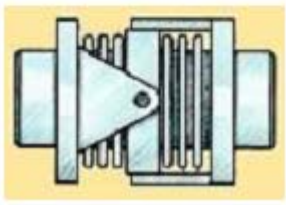


Fig. 16

Esamineremo ora, in maggior dettaglio, la metodologia di scelta e di impiego dei compensatori assiali, che sono in assoluto i più usati negli impianti termici industriali.
La procedura che consigliamo di seguire per la progettazione di un sistema che preveda l'impiego dei soli compensatori di dilatazione assiali è la seguente:

1) Stabilire la posizione dei punti fissi dei compensatori.
2) Calcolare le dilatazioni di ciascun tratto considerato.
3) Scegliere i compensatori basandosi sui dati forniti dal costruttore.
4) Calcolare le forze esercitate sui punti fissi.
5) Stabilire la posizione delle guide.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

6) Calcolare il preallungamento per il montaggio dei compensatori.

Una volta completati i calcoli elencati, si avranno tutti gli elementi necessari per il disegno esecutivo del sistema e per la sua realizzazione.

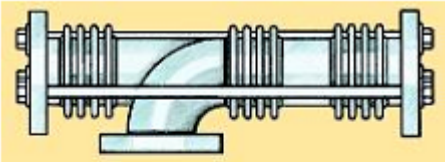


Fig. 17

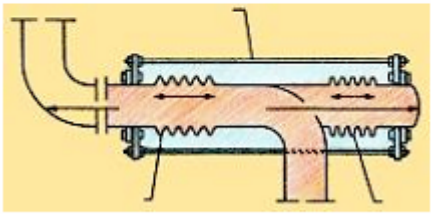


Fig. 18

1. Posizione dei punti fissi e dei compensatori

Innanzitutto occorre tenere presente che i compensatori assiali possono assorbire esclusivamente movimenti rettilinei che avvenganolungo il loro asse longitudinale; in altre parole essi non possono subire alcuna flessione o torsione. La prima norma che ne consegue è che i compensatori vanno inseriti solo in tratti di tubazione rettilinei opportunamente ancorati alle estremità e guidati in punti intermedi, in modo che il movimento dovuto alle variazioni di temperatura avvenga solo lungo l'asse longitudinale. Quindi, data una rete avente una configurazione qualsiasi, occorre suddividerla in tanti tratti rettilinei prevedendo punti d'ancoraggio alle estremità, in corrispondenza di variazioni di diametro ed eventualmente nei punti di derivazione vincolanti.

Regola importante da osservare è quella di inserire un **solo compensatore** in ogni tratto compreso **tra due punti fissi.**

In teoria la posizione dei compensatori in ciascun tratto rettilineo può essere una qualsiasi compresa tra i due punti fissi; in pratica però si preferisce una delle seguenti condizioni:

a) nella immediata vicinanza di un punto fisso,

b) al centro del tratto rettilineo. La prima soluzione, illustrata nella figura 19, è consigliabile quando nel tratto considerato non esistano derivazioni per cui il movimento dovuto alle dilatazioni può avvenire tutto in un senso.

In tale caso il compensatore è fissato ad una distanza di 1÷2 diametri dall'ancoraggio per limitare il numero di guide intermedie. Saranno invece necessarie una o più guide nel tratto compreso tra il compensatore e l'altro punto fisso.

La seconda soluzione è invece consigliabile quando esistano delle derivazioni secondarie che possono subire spostamenti limitati.
(vedere fig. 20).

Mettendo il compensatore al centro, i movimenti a causa delle dilatazioni, avverranno nei due sen- si e di conseguenza gli spostamenti delle der ivazioni saranno più contenuti. La tubazione dovrà essere guidata in entrambi i tratti compresi tra il compensatore e i due punti fissi.

Nei casi in cui le derivazioni non possono subire spostamenti, occorrerà prevedere dei punti fissi anche in corrispondenza di ciascuna di esse.

Quando il tratto rettilineo tra due ancoraggi principali è molto lungo e tale da richiedere l'inserzione di più compensatori, occorrerà prevedere dei punti fissi intermedi che dividano il tratto in par ti aventi lunghezza proporzionale al movimento assorbibile da ciascun compensatore.

Ad esempio un tratto di tubazione di 120m avente una dilatazione totale di 265 mm potrà essere diviso, mediante due punti fissi intermedi, in tre tratti: due della lunghezza di 48 m e uno della lunghezza di 24 m.

Gli allungamenti di ciascun tratto saranno di 106, 106 e 53 mm rispettivamente.

Due dei tre compensatori potranno essere installati nelle immediate adiacenze di un punto fisso intermedio mentre il terzo potrà essere installato in vicinanza del secondo punto fisso intermedio o di uno dei punti fissi principali.

Per le guide vale quanto detto per i casi precedenti.

In qualche caso la posizione dei punti fissi può essere condizionata da fattori esterni quale la impossibilità pratica di realizzare gli ancoraggi per insufficiente robustezza delle strutture, presenza di macchinar i, necessità di zone libere, presenza di altre tubazioni, ecc., ragioni per cui può rendersi necessaria, in sede di progetto, la modifica dell'intera rete o di parte di essa.

Ovviamente data l'enorme casistica di situazioni, non è possibile stabilire delle regole specifiche ed universali, tuttavia riteniamo che il fattore più limitante sia il valore delle spinte esercitate sui punti fissi come meglio illustreremo più avanti.

Nella figura 21 è rappresentato un esempio di scelta dei punti fissi e di posizione dei compensatori assiali per una rete di distribuzione vapore.

2. Calcolo delle dilatazioni

Ci si può servire del diagramma di figura 22 che consente di determinare gli allungamenti (o accorciamenti) espressi in mm/10 m per i più comuni tipi di materiale e per temperature comprese da –50 °C e +400 °C.

In tale diagramma si è fissato come temperatura di riferimento (cioè con allungamento nullo) il valore di 0 °C. Le temperature da prendere in considerazione per calcolare le dilatazioni che i

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Fig. 19

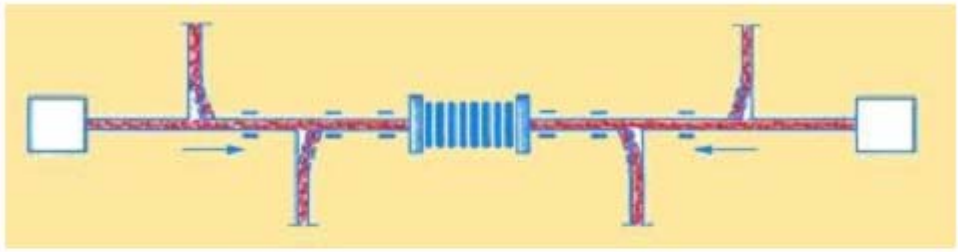


Fig. 20

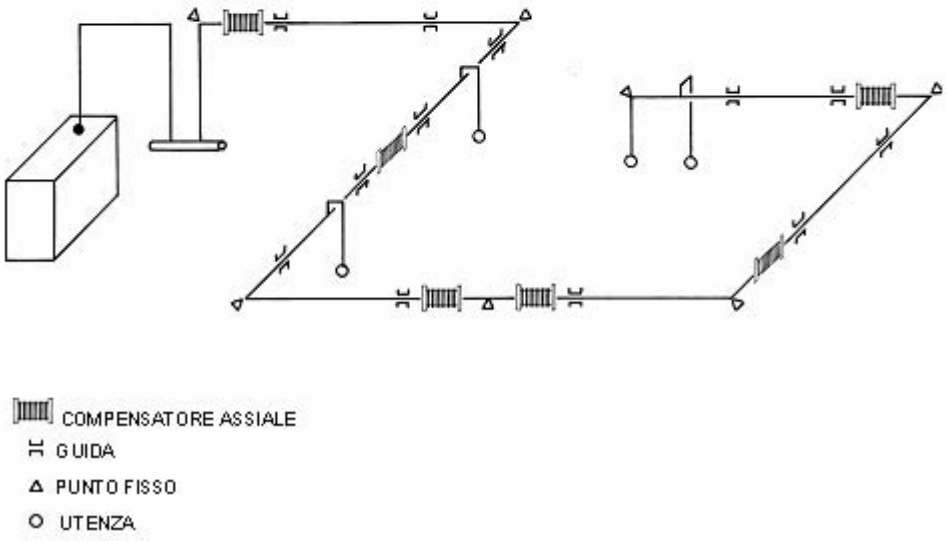


Fig. 21

compensatori dovranno assorbire sono quella massima di esercizio o di progetto del fluido passante nelle tubazioni(eventualmente aumenta del 5% ÷10% per tenere conto di possibili future necessità) e quella minima ambiente raggiungibile o durante l'esercizio con impianto fermo o durante il montaggio (di queste due ultime usare la minore).

Esempio: si debba calcolare la dilatazione di un tratto di tubazione in acciaio al carbonio della lunghezza di 53 m, percorsa da vapore surriscaldato alla temperatura massima di 330 ° C ed installata in un ambiente che potrà r aggiungere una temperatura minima di –10°C.
L'allungamento a 330°C risulta essere 41,4 mm/10 m mentre a–10 °C l'accorciamento risulta di1,5 mm/10 m.
Il movimento totale che il compensatore dovrà essere in grado di assorbire risulta pertanto:

$$\Delta l = \frac{53}{10} [41{,}4 - (-1{,}5)] = 227{,}4 \text{ mm}$$

Nel caso di impianti di refrigerazione o cr iogenici occorrerà prendere in considerazione la minima temperatura di esercizio o di progetto del fluido passante nelle tubazioni e la massima temperatura che si potrà verificare in ambiente a impianto fermo o in montaggio.
Esempio: calcolare l'allungamento di una tubazione in acciaio al carbonio lunga 45 m, percorsa da salamoia a -15°C e installata in un ambiente che può raggiungere una temperatura di +40°C. L'allungamento a +40°C è di
4,7 mm/10 m mentre l'accorciamento a –15°C risulta 2,3 mm/10 m Il movimento totale risulta pertanto:

$$\Delta l = \frac{45}{10} [4{,}7 - (-2{,}3)] = 31{,}5 \text{ mm}$$

Per evitare problemi di lettura dei diagrammi, i dati

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

relativi alle dilatazioni sono disponibili anche in forma tabulare.

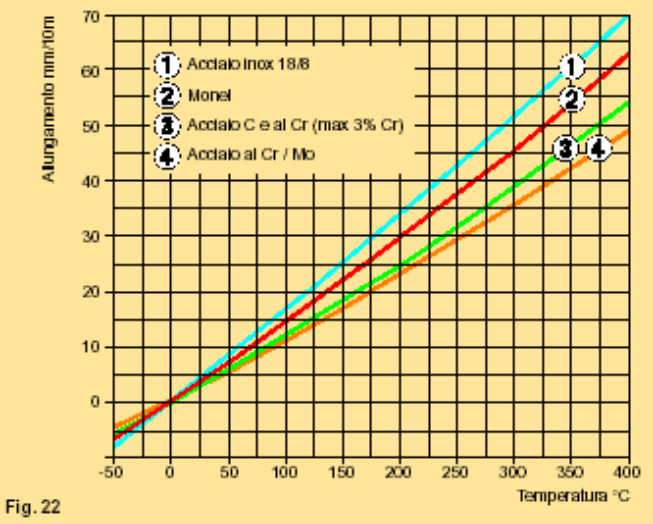


Fig. 22

3. Scelta del compensatore

I dati che occorre conoscere per selezionare correttamente il compensatore assiale sono:

a) pressione massima di esercizio b) pressione massima di collaudo dell'impianto
c) temperatura massima di esercizio e di progetto
d) movimento (o corsa) da assorbire
e) durata da garantire in cicli
f) diametro della tubazione
g) materiale del soffietto e/o degli attacchi.

Conoscendo con esattezza questi dati, sarà possibile effettuare un confronto con quelli forniti dal costruttore per poi introdurre le eventuali correzioni e procedere quindi alla scelta.
La tabella A riporta, a titolo di esempio, i dati forniti per i compensatori assiali della serie AR 16 Spirax-Sarco. **La pressione massima di esercizio** non deve mai superare quella nominale dichiarata dal costruttore e in alcuni casi, come spiegheremo in seguito, deve anche essere inferiore a tale limite per tenere conto della temperatura.
Anche **la pressione di collaudo** della linea in cui sarà inserito il compensatore deve essere tenuta presente, pena la possibilità di danni irreversibili al soffietto del compensatore. Il limite di 1,5 volte la pressione nominale, previsto per i compensatori Spirax Sarco, è normalmente sufficiente perché rientra nella norma e nelle consuetudini di collaudo; tuttavia, nel caso esso dovesse essere superato, occorrerà ricorrere a compensatori di classe superiore
(ad esempio della serie 25 anziché
16, ecc.) o di tipo speciale.
La temperatura di esercizio massima è dichiarata dal costruttore ed anche essa deve essere rigorosamente rispettata. I dati tecnici caratteristici sono in genere riferiti ad una temperatura media di impiego che non corrisponde però al limite massimo di utilizzo.
I compensatori Spirax-Sarco della serie AR possono essere impiegati fino a 300 °C garantendo le prestazioni indicate nelle tabelle pubblicate sui cataloghi.
Il limite massimo di impiego, però, è di 550°C; volendo quindi impiegare i giunti a temperatura superiore ai 300°C, sarà necessario introdurre dei parametri correttivi per ridurre sia il movimento che la pressione di esercizio; allo scopo ci si servirà del diagramma della fig. 23.
L'uso è molto semplice. Tracciare l'orizzontale in corrispondenza della temperatura di esercizio, fino ad incontrare la curva e successivamente la verticale, a partire dal punto di intersezione. Sull'asse delle ascisse si leggerà il coefficiente di riduzione

Esempio:
Determinare la pressione massima ammissibile e il movimento assorbibile di un compensatore AR 16/ 100/60 funzionante a 400°C.
I limiti di impiego rilevabili dalla specifica tecnica sono pressione
16 bar e movimento massimo di
100 mm.
Dal diagramma si ricava che il coefficiente di correzione per una temperatura di 400°C è 0,975 per cui la pressione massima di esercizio risulterà
Pmax = 16 • 0,975 =15,6kg/cm^2
e il movimento massimo =
60 • 0,975 = 58,5 (Δ 29,25mm).
Se il limite della pressione così ridotto risultasse inferiore alla pressione di esercizio desiderata, occorrerà impiegare un compensatore di classe superiore (ad esempio PN25 anziché PN16 e così via).

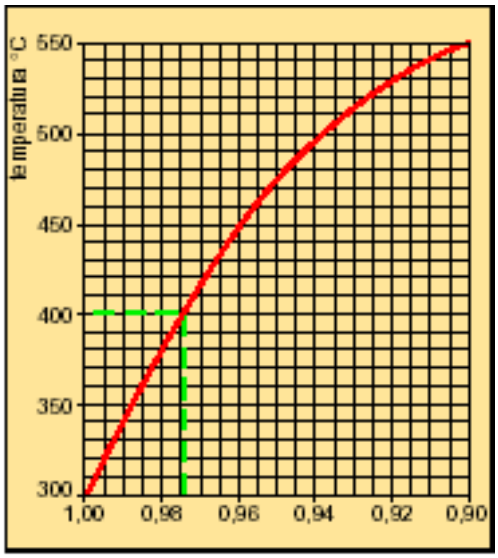


Fig. 23 – Coefficiente di riduzione del movimento e della pressione di esercizio in funzione della temperatura

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

DN	MODELLO	Movimento		Lunghezza libera		Tubazione		Diametro esterno soffietto mm	Sezione effettiva cm²	Carico specif. deformazione assiale kg/mm
		± mm	Totale mm	Attacchi Flangiati	Attacchi A saldare	Ø esterno mm	Spessore mm			
40	AR 16/40	19 30	38 60	220 290	210 280	48,3	2,6	60	23	11,1 6,5
50	AR 16/50	20 30	40 60	240 310	230 300	60,3	2,9	85	39	8,1 4,9
65	AR 16/65	22,5 35	45 70	250 325	240 315	76,1	2,9	100	57	13,5 8,0
80	AR 16/80	15 25 50	30 50 100	255 285 415	245 275 405	88,9	2,9	115	79	14,3 14,3 7,1
100	AR 16/100	15 30 55	30 60 110	255 285 415	245 275 405	114,3	3,7	145	129	21,8 21,8 10,9
125	AR 16/125	15 30 55	30 60 110	280 325 460	270 315 450	139,7	4,0	180	193	24,4 18,9 10,3
150	AR 16/150	15 30 55	30 60 110	280 325 460	270 315 450	168,3	4,5	205	268	29,5 22,3 12,2
175	AR 16/175	15 30 55	30 60 110	310 345 475	295 330 460	193,7	5,5	240	360	45,7 32,6 18,2
200	AR 16/200	15 30 55	30 60 110	310 345 475	295 330 460	219,1	6,0	265	450	51,7 36,5 20,3
250	AR 16/250	15 30 55	30 60 110	310 345 475	295 330 460	273,0	7,1	315	680	64,8 45,2 25,1
300	AR 16/300	35 62,5	70 125	405 545	385 525	323,9	8,0	385	980	51,6 43,5

Tabella A – Caratteristiche dei giunti di dilatazione assiali tipo AR 16.

Le prestazioni dei compensatori, indicate nelle tabelle, sono riferite ad una durata di 1000 cicli a 300 °C (cioè mille movimenti completi dalla massima alla minima estensione e viceversa). Per la maggioranza dei casi di impianti funzionanti con poca intermittenza
(impianti di riscaldamento, reti di distribuzione vapore o acqua surriscaldata in impianti a ciclo continuo, ecc) tale limite è più che sufficiente a garantire al compensatore una durata di molti anni di esercizio. Tuttavia, nel caso di impianti a forte intermittenza, occorre aumentare il limite di durata riducendo il movimento assorbibile. A tale scopo si può utilizzare il diagramma della fig. 24 che fornisce il coefficiente di correzione del movimento in funzione del numero massimo di cicli desiderati. Quest'ultimo coefficiente va introdotto dopo la eventuale riduzione del movimento in funzione della temperatura di lavoro.
L'uso del diagramma è analogo a quello della fig. 23.
Ad esempio, desiderando per un compensatore AR 16/80/100 funzionante a 250°C una vita di 10.000 cicli, la corsa nominale massima di 100 mm (ricavabili dalla tabella A del numero precedente) dovrà essere ridotta a:

$$\Delta l = 100 \cdot 0{,}84 = 84 \text{ mm}$$

Se invece lo stesso compensatore lavorasse a 400 °C, la corsa dovrebbe essere ridotta a

$$\Delta l = 0{,}975 \cdot 0{,}84 \cdot 100 = 81{,}9 \text{ mm}$$

dove 0,975 è il coefficiente di correzione per la temperatura e
0,84 quello per l'aumento del numero dei cicli desiderati.

Il valore del movimento ricavato dalle tabelle, eventualmente corretto per la temperatura e/o per il numero dei cicli, deve a questo punto essere confrontato con il movimento calcolato (vedere punto 2 del numero precedente) per procedere alla scelta del o dei compensatori necessari. Quando il movimento totale del tratto di tubazione preso in considerazione supera il movimento indicato nelle tabelle ed eventualmente corretto, occorre impiegare più compensatori introducendo, come già detto al punto 1, i necessari punti fissi intermedi che suddividano la tubazione in più tratti.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Il diametro nominale del compensatore deve corrispondere a quello della tubazione in cui va inserito. E' un errore impiegare sia compensatori di minor diametro che di diametro superiore. Nel caso di impiego di compensatori con attacchi a saldare è poi necessario che il tubo impiegato per la linea abbia lo stesso diametro delle estremità del compensatore così come indicato nelle tabelle delle caratteristiche del costruttore.

Il materiale standard del soffietto e della protezione telescopica interna è l'acciaio inossidabile 18/8 stabilizzato al titanio (AISI 321 o BS 1449 321.S12) mentre i terminali a saldare di testa o flangiati, sono in acciaio al carbonio.
Questo tipo di costruzione è adatto per la stragrande maggioranza dei casi (vapore, acqua calda, acqua surriscaldata, olio diatermico, ecc...) tuttavia particolari condizioni di esercizio e/o di corrosione possono rendere necessario l'impiego di materiali speciali sia per il soffietto che per la protezione interna e per gli attacchi.
In questi casi specifici occorre rivolgersi al costruttore precisando dettagliatamente oltre al materiale richiesto, anche tutte le altre condizioni e dati elencati all'inizio di questo capitolo (voci a ÷ g).
A puro titolo informativo segnaliamo che i materiali impiegabili sono: Acciaio inossidabile AISI 304 o AISI 316L, Incoloy 825 (lega ad alto contenuto di Ni), Inconel 600, Monel 400 (lega di Nichel e rame), Nimonic 75 (lega ad alto contenuto di Ni), Hastelloy B o C, Titanio 115 e Alluminio.

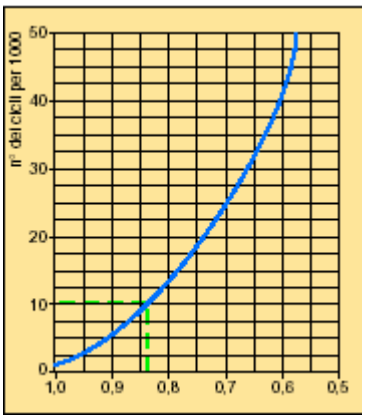


Fig. 24 - Coefficiente di riduzione del movimento in funzione dei cicli.

4. Calcolo delle spinte agenti sui punti fissi

Per calcolare il totale delle forze agenti su ciascun punto fisso di una rete comprendente compensatori di dilatazione di tipo assiale occorre determinare le seguenti forze:
1) Spinta per la compressione del compensatore.
2) Spinta dovuta alla pressione della linea.
3) Spinta dovuta agli attriti.
4) Spinta causata dalle forze centri- fughe.

Ciascuna di queste forze va calcolata singolarmente, per poi arrivare alla spinta totale, e tenendo in considerazione quanto segue:
a) in corrispondenza di ogni cambio di direzione della tubazione occorre calcolare la risultante delle forze agenti nelle due direzioni;
b) se in una tubazione rettilinea è prevista una variazione di diametro, il punto di ancoraggio intermedio sarà soggetto alla differenza delle forze agenti sui due lati.
c) se per la presenza di una valvola manuale o automatica in un punto della rete, alcuni compensatori potessero risultare in pressione ed altri no, l'eventuale punto fisso intermedio tra la valvola ed i compensatori deve essere considerato come punto di ancoraggio principale.

Spinta per la compressione del compensatore.
Ogni giunto di dilatazione assiale può essere assimilato ad una molla avente un proprio carico specifico espresso in kg/mm necessario per comprimerlo. Questo dato è fornito dal costruttore (vedere tabella A). E' da notare che il carico specifico, a parità di diametro, va notevolmente diminuendo coll'aumentare del movimento nominale del compensatore e ciò a causa dell'aumentare delle corrugazioni del soffietto per cui, a parità di corsa totale, ogni ansa si deforma meno.

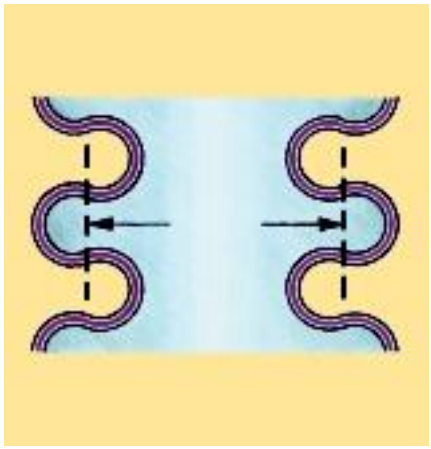


Fig. 25

La spinta totale per la compressione è quindi calcolabile con la formula:

$$F_c = Kc \cdot \Delta l$$

dove:
Kc è il carico specifico Δl è il movimento massimo del compensatore. A proposito del movimento occorre tenere presente che, siccome i compensatori assiali al momento dell'installazione vengono preallungati, (la corsa totale è di norma espressa in ± un certo numero di mm rispetto alla lunghezza libera), è sufficiente inserire nella formula sopra indicata un allungamento pari al 50% della corsa nominale massima del compensatore in esame. Ad esempio la spinta per la compressione di un compensatore AR 16/100/60 con una corsa nominale di 60 mm risulta:

$$F_c = 21{,}8 \cdot \frac{60}{2} = 654 \text{ kg}$$

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Spinta dovuta alla pressione di linea.
E' la forza dovuta alla pressione interna che tende ad "estendere" il soffietto del compensatore. E' calcolabile con la formula:

$$F_p = p \cdot S$$

Dove:

p è la pressione di esercizio (o di collaudo) della linea

S è la sezione trasversale media del soffietto. Anche questo dato, calcolato considerando il diametro medio della corrugazione (vedere fig. 25), è normalmente fornito dal costruttore (vedere tab. A).

Esempio: calcolare la spinta su un punto fisso dovuto alla pressione in una linea a 12kg/cm^2 e comprendente un compensatore AR 16/65/70. Dalla tavola A si ricava che la sezione effettiva S del compensatore è di 57 cm^2 quindi la spinta

$$F_p = 12 \cdot 57 = 684 \text{ kg}$$

Spinta dovuta agli attriti.
Nel suo movimento dovuto alle dilatazioni termiche la tubazione scorre sulle guide che ovviamente provocano una resistenza dovuta all'attrito tra la tubazione e la guida. Anche questa forza va a scaricarsi sui punti fissi e può essere calcolata con la formula:

$$F_a = F \cdot M$$

dove:

F è il coefficiente di attrito

M il peso totale della linea compresa fra i punti fissi in esame. Il coefficiente di attrito F dovrebbe essere fornito dal costruttore delle guide, ma nel caso che questo dato non sia disponibile, si può considerare un valore F = 0,3 che, per la maggioranza dei casi è accettabile e conservativo.
Come peso oltre a quello del tubo, va considerato anche quello del fluido convogliato (trascurabile nel caso di vapore e gas) e delle valvole o altre apparecchiature eventualmente inserite nel tratto considerato e gravanti sulla linea.

Esempio:
Calcolare la spinta dovuta all'attrito delle guide di un tratto di tubazione DN 80, della lunghezza tra i punti fissi di 48 m e percorsa da acqua calda a 90°C.
Il peso del tubo è:

$$7{,}39 \cdot 48 = 355 \text{ kg}$$

Il peso dell'acqua contenuta (considerando prudenzialmente il peso specifico 1)

è: $5{,}28 \cdot 48 = 253$ kg
Il peso totale del tratto è pertanto di 608 kg.
Considerando un coefficiente di attrito F = 0,3, la spinta esercitata sui punti fissi della componente di attrito risulta

$$F_a = 0{,}3 \cdot 608 = 182 \text{ kg}$$

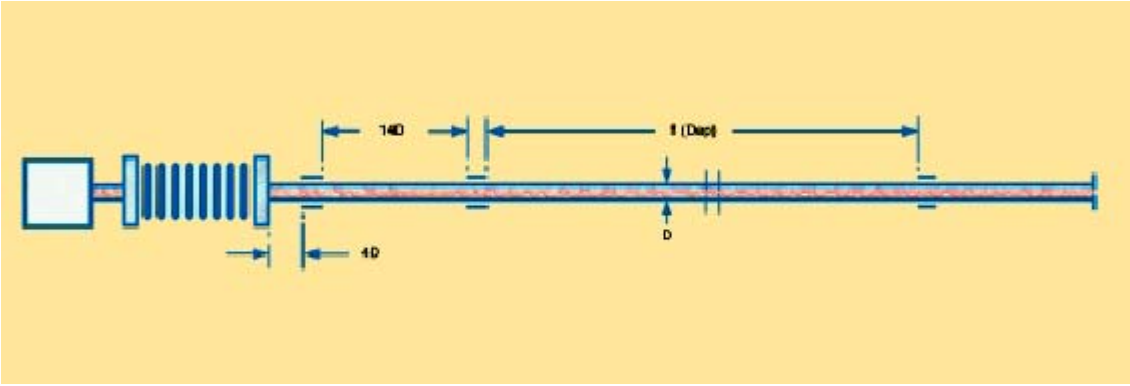


Fig. 26

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Spinta per forze centrifughe.
Va presa in considerazione solo per i punti fissi in corrispondenza di variazioni di direzione di tubazioni convoglianti liquidi ed aventi diametro superiore a 300 mm. Per la stragrande maggioranza dei casi, quindi, questa spinta può essere completamente trascurata.
La formula che ne consente il calcolo è la seguente:

$$F_{cf} = \frac{2A \cdot \gamma \cdot \upsilon^2}{g} \operatorname{sen} \frac{\Theta}{2}$$

dove:
A è la sezione interna della tubazione in m^2
γ è la massa volumica (peso specifico) del fluido alle condizioni di esercizio espressa in kg/m^3
υ è la velocità del fluido in m/sec
g è l'accelerazione di gravità (9,81 m/sec^2)
θ è l'angolo di deviazione della tubazione.
Esempio:
calcolare la spinta centrifuga esercitata su una deviazione a 60 di una tubazione DN 350 percorsa da acqua fredda alla velocità di 3,5 m/sec.
La sezione A risulta:

$$A = \frac{\pi \cdot 0{,}347^2}{4} = 0{,}0945 \text{ m}^2$$

e quindi

$$F_{cf} = \frac{2 \cdot 0{,}0945 \cdot 1000 \cdot 3{,}5^2}{9{,}81} \operatorname{sen} \frac{60}{2} = 118 \text{ kg}$$

Punti fissi intermedi
Quando un punto fisso è inserito in un tratto di tubazione rettilineo con diametro costante, le spinte esercitate su di esso dai due tratti adiacenti sono uguali e contrarie e pertanto non è soggetto ad alcuna spinta. Tuttavia a scopo precauzionale è bene calcolarlo per la spinta di compressione del compensatore e per la spinta per attrito delle guide.

5. Posizione delle guide

Per il buon funzionamento dei compensatori assiali le guide delle tubazioni sono essenziali.
Esse sono necessarie sia per assicurare il corretto movimento dei componenti che per evitare flessioni e/o torsioni alle tubazioni.
La prima guida deve essere posta ad una distanza massima di 4 diametri dal compensatore e la seconda ad una distanza massima di 14 diametri dalla prima (fig. 26). Le guide successive dovranno essere poste a distanze variabili in funzione del diametro e della pressione di esercizio della linea.
Per determinare tali distanze ci si può servire del diagramma di fig. 27.
Dal valore della pressione massima di esercizio, sulle ascisse, si traccia la verticale fino ad incontrare la retta corrispondente al diametro della tubazione. Tracciando l'orizzontale a partire da tale punto di intersezione, sull'asse delle ordinate si legge la distanza massima in m. tra le guide successive alle prime due.

Esempio:
Diametro della tubazione: 150 mm - Pressione massima di esercizio 12 bar. La distanza tra le guide non dovrà superare gli 11 m.

6. Preallungamento dei compensatori

Il movimento totale che ciascun compensatore può assorbire è normalmente espresso come $\pm$ un certo valore in mm rispetto alla lunghezza libera normale. Esso rappresenta l'eguale movimento in espansione, (trazione) e in contrazione (compressione) di cui è capace il compensatore.
Nella maggioranza dei casi, poiché
sono certamente più frequenti le reti che trasportano fluidi caldi, i compensatori sono chiamati ad assorbire movimenti di allungamento delle tubazioni. Pertanto, al fine di poter utilizzare al massimo la capacità di movimento dei compensatori assiali, è necessario installarli nella tubazione preallungati in modo da aumentare la possibilità di compressione.
Il grado di preallungamento, il cui effetto è illustrato chiaramente nella fig. 28, viene di norma tenuto uguale alla metà del movimento totale da assorbire, considerando di installare il compensatore alla minima temperatura prevista.
E' quindi estremamente importante verificare che il soffietto non sia mai sovracompresso in corrispondenza della massima temperatura di esercizio né mai sovrallungato in corrispondenza della minima temperatura che si potrà avere a impianto freddo o durante il montaggio. Conoscendo le effettive escursioni di temperatura cui sarà soggetta la tubazione, è di vitale importanza stabilire la "lunghezza" che deve assumere il compensatore al momento dell'installazione.
Un eccessivo preallungamento, che non tenga conto della temperatura al momento della installazione rispetto ai valori minimi raggiungibili prima dell'avviamento dell'impianto o durante un arresto, può provocare la rottura del giunto per eccessivo allungamento.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

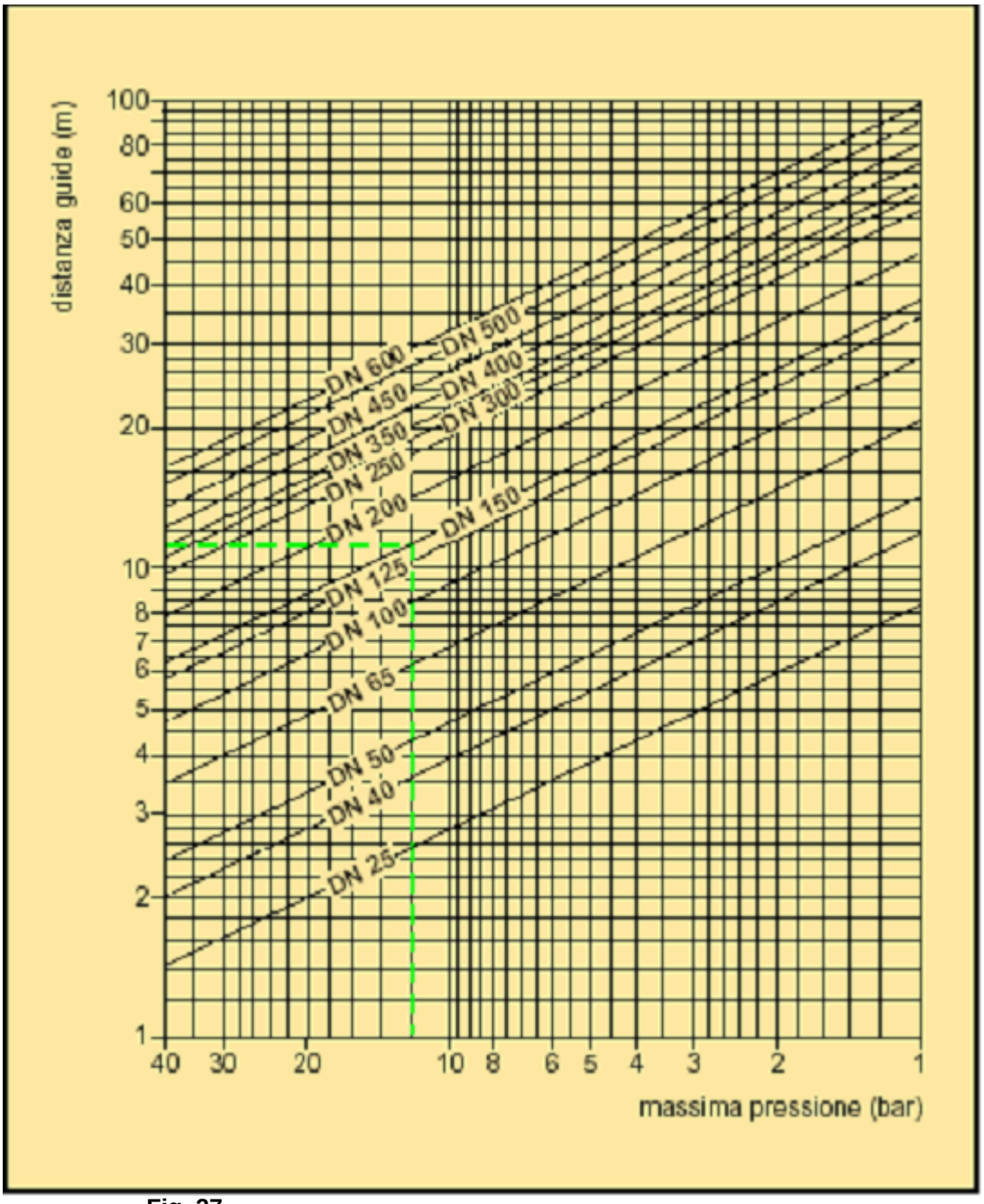


Fig. 27

Per calcolare la lunghezza diinstallazione ci si può servire della seguente formula:

$$L_{inst} = L_{min} + \Delta l - \frac{(T_{inst} - T_{min}) \cdot \Delta l}{T_{max} - T_{min}}$$

L_{inst} = Lunghezza del compensatore all'installazione

L_{min} = Lunghezza minima del compensatore che è uguale alla sua lunghezza libera diminuita di metà del suo movimento totale

Δl = Movimento totale dellatubazione (da assorbire)

T_{inst} = Temperatura al momento dell'installazione

T_{max} = Temperatura massima di esercizio della tubazione

T_{min} = Temperatura minima raggiungibile dalla tubazione (in esercizio o durante il montaggio).

Esempio:
Calcolare la lunghezza di installazione di un compensatore mod. AR 16/80/100 con attacchi a saldare previsto per assorbire un movimento totale di 80 mm in una tubazione sottoposta ad una escursione di temperatura da -20□C (T_{min}) a + 150□C (T_{max}). Temperatura di installazione: T_{ints} = 20□C.
La lunghezza libera è di 405 mm e il movimento totale massimo è100mm. La lunghezza minima, tenuto conto che il movimento da assorbire è di 80 mm, può essere considerata uguale a:

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

$$405 - \frac{80}{2} = 365 \text{ mm}$$

La lunghezza al montaggio dovrà pertanto essere:

$$L_{inst} = 365 + 80 - \frac{[20 - (-20)] \cdot 80}{[150 - (-20)]} = 426 \text{ mm}$$

il compensatore dovrà essere preallungato di 21 mm (426-405). La formula vale naturalmente anche nel caso di impianti per fluidi freddi.
Esempio:
Calcolare la lunghezza di installazione di un compensatore AR 10/100/60 con attacchi a saldare previsto per assorbire un movimento totale di 50 mm (Δ l). Temperatura minima del fluido: –20°C (Tmin)
Temperatura massima della tubazione a impianto fermo: 45°C (Tmax) Temperatura di installazione: + 20°C (Tinst)
Lunghezza libera: 285 mm
Movimento totale: 60 mm

$$L_{min} = 285 - \frac{50}{2} = 260 \text{ mm}$$

$$L_{inst} = 260 + 50 - \frac{[20 - (-20)] \cdot 50}{[45 - (-20)]} = 279 \text{ mm}$$

In queste condizioni al momento del montaggio il compensatore dovrà essere precompresso di 6 mm (285-279).
I compensatori della serie AS 10 che vengono for niti preallungati possono essere installati senza modificar ne la lunghezza solo se l'installazione viene fatta ad una temperatura intor no ai + 10°C e purché la temperatura minima non scenda al di sotto di –5°C. . Al di fuor i di questi limiti la lunghezza all' installazione v a calcolata con la fo r mula sopraripor- tata e tenendo conto che il movimento massimo per tutte le misure è di 15 mm.

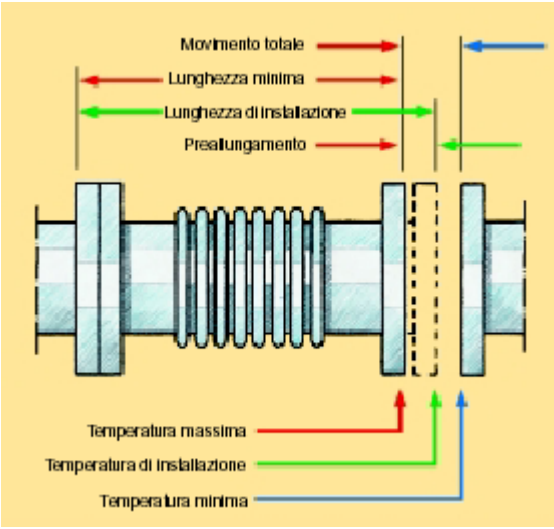


Fig. 28

A conclusione dell'argomento facciamo un esempio di progettazione di un sistema di assorbimento delle dilatazioni mediante compensatori di tipo assiale.

Dati di progetto

La planimetria della rete, che supponiamo giaccia in un piano orizzontale, è rappresentata a fig. 29. Le condizioni di esercizio e gli altri dati di riferimento per il progetto sono i seguenti:
Fluido: acqua surriscaldata
Temperatura massima di mandata:140°C
Temperatura di ritorno al massimo carico: 100°C
Pressione di esercizio: 6 bar Pressione di collaudo: 9 bar Temperatura minima in fase di montaggio: –10°C
Materiale delle tubazioni: acciaio al carbonio
Diametri delle tubazioni: vedere la planimetria di fig. 29. Funzionamento a forte intermittenza Possibilità di aumento della temperatura massima del 10%.
La prima operazione da eseguire è la suddivisione della rete in tratti rettilinei, stabilendo contemporaneamente sia la posizione dei punti fissi che quella dei compensatori di dilatazione. La rete potrà quindi essere sezionata come rappresentato a fig. 30.Nel tratto A, che non ha derivazioni, i compensatori potranno essere installati in prossimità dei punti fissi. Nel tratto B, da cui sono derivate due tubazioni di piccolo diametro per l'alimentazione di altrettante utenze, sarà bene installare il compensatore in una posizione intermedia in modo da ridurre al minimo il movimento in corrispondenza delle derivazioni. L'allungamento delle due derivazioni tra la tubazione principale B e le relative utenze, può essere trascurato purché sia possibile assicurare una sufficiente flessibilità ai tratti derivati.
Il tratto C è stato suddiviso in due tronchi, C' e C", essendo necessario stabilire un punto fisso in corrispondenza della derivazione del tratto D, che, per la sua lunghezza, richiede a sua volta l'inserimento di uno o più compensatori di dilatazione.

Tratto A

$$\Delta L = \frac{100}{10} \times [19 - (-1{,}5)] = 205 \text{ mm.}$$

Tratto B

$$\Delta L = \frac{20}{10} \times [19 - (-1{,}5)] = 41{,}0 \text{ mm}$$

Tratto C'

$$\Delta L = \frac{25}{10} \times [19 - (-1{,}5)] = 51{,}25 \text{ mm}$$

Tratto C"

$$\Delta L = \frac{90}{10} \times [19 - (-1{,}5)] = 184{,}50 \text{ mm.}$$

Tratto D

$$\Delta L = \frac{70}{10} \times [19 - (-1{,}5)] = 143{,}50 \text{ mm.}$$

Scelta dei compensatori

Poiché è precisato che l'impianto funziona con forte intermittenza occorre introdurre il coefficiente di riduzione del movimento in funzione dei cicli, che, nel caso in esame consideriamo pari a 10.000. Il coefficiente di riduzione, dal diagramma di figura 24, risulta essere 0,84.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

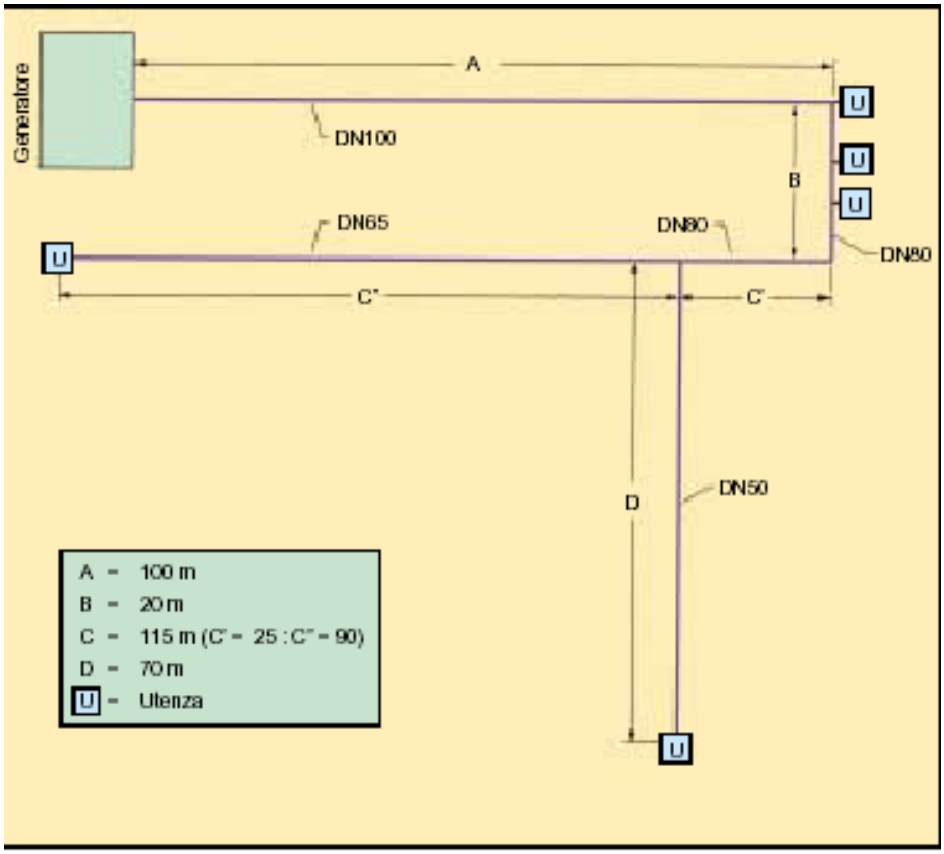


Fig. 29

I movimenti virtuali da considerare per ciascun tratto ed i compensatori da installare, risultano i seguenti; poiché la pressione di collaudo a freddo sarà di 9 bar e la massima temperatura a caldo di 154°C possono essere impiegati compensatori serie 10.

Tratto A

$\frac{205}{0,84}$ = 244,05 - due compens. AR 10/100/110 ed un 10/100/30

Tratto B

$\frac{41}{0,84}$ = 48,81 - un compensatore AR 10/80/50

Tratto C'

$\frac{51,25}{0,84}$ = 61,01 - un compensatore AR 10/80/110

Tratto C"

$\frac{184,50}{0,84}$ = 219,64 - due compens. AR 10/65/70 e due AR 10/65/45

Tratto D

$\frac{143,50}{0,84}$ = 170,83 - tre compensatori AR 10/50/60

Posizione dei punti fissi e delle guide

Nel tratto A, dovendo inserire tre compensatori, occorre stabilire anche due punti fissi intermedi a distanze proporzionali al movimento di ciascun compensatore e cioè:

$\frac{110}{250}$ x 100 = 44 m. per i due compensatori AR 10/100/110

e

$\frac{30}{250}$ x 100 = 12 m. per il compensatore AR 10/100/30

Analogamente si procederà al calcolo delle distanze tra i punti fissi del tratto C" con quattro compensatori (3 punti fissi intermedi) e del tratto D con tre compensatori (2 punti fissi intermedi).

Sul disegno, per semplicità, sono state indicate solo le guide in prossimità di ciascun compensatore, da posizionare ad una distanza di 4 diametri dal termine del soffietto ma, per un buon funzionamento del sistema, occorrerà prevedere altre guide a distanze variabili in funzione del diametro della tubazione e della pressione di esercizio; la seconda guida sarà realizzata ad una distanza non oltre i 14 diametri mentre le successive secondo il diagramma visto in precedenza.

Dal diagramma di fig. 27, considerando la pressione di lavoro, si ricavano i valori riportati in tabella.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Diametro tubo mm.	Distanza max. m.
100	12
80	10
65	8
50	6

Le guide potranno essere realizzate secondo uno qualsiasi dei disegni della fig. 31 avendo cura di lasciare sufficiente gioco per non generare attriti di scorrimento abnormi, ma senza eccedere per non permettere movimenti con componenti trasversali.

Calcolo delle spinte sui punti fissi Calcoliamo ora le spinte agenti sui punti fissi. Questo calcolo è importante per essere in grado di realizzare gli ancoraggi con sufficiente robustezza ed evitare di conseguenza ogni movimento dei punti fissi e per non generare sollecitazioni che potrebbero danneggiare le strutture.
Per brevità calcoleremo le spinte soltanto per tre punti fissi tipici e cioè: quella sul punto fisso 1 (terminale), sul punto fisso 4 (cambio di direzione) e sul punto fisso 6
(intermedio con derivazione).

Punto fisso 1
a) Spinta per la compressione del compensatore:

$$F_{c1} = K_c \times \frac{\Delta l}{2} = 5{,}5 \times \frac{90{,}2}{2} = 248 \text{ kg}$$

N. B.: Il movimento Δl è quello effettivo totale assorbito dal compensatore e cioè

$$\frac{44}{100} \times 205 = 90{,}2 \text{ mm.}$$

b) Spinta per la pressione di linea

$$F_{p1} = p \times S = 9 \times 127 = 1143 \text{ kg}$$

N. B.: Come pressione si è considerate quella di collaudo.
c) Spinta per gli attriti delle guide

$$F_{a1} = F \times M = 0{,}3 \times 765 = 229{,}5 \text{ kg}$$

N.B.: Il peso **M** della linea è quello del tratto compreso tra i punti fissi 1 e 2 ed avente una lunghezza di 44m.
La spinta totale è la somma delle tre sopra calcolate, cioè 1620,5 kg e si eserciterà secondo l'asse della tubazione verso sinistra.
Punto fisso 4
In questo caso occorre calcolare prima la spinta del tronco A, poi quella del tronco B ed infine sommarle vettorialmente.

$$F_{c4A} = K_c \frac{\Delta L}{2} = 5{,}5 \times \frac{90{,}2}{2} = 248 \text{ kg}$$

$$F_{p4A} = p \times S = 9 \times 127 = 1143 \text{ kg}$$

$$F_{a4A} = F \times C = 0{,}3 \times 765 = 229{,}5 \text{ kg}$$

$$F_{4A} = F_{c4A} + F_{p4A} + F_{a4A} = 1620{,}5 \text{ kg}$$

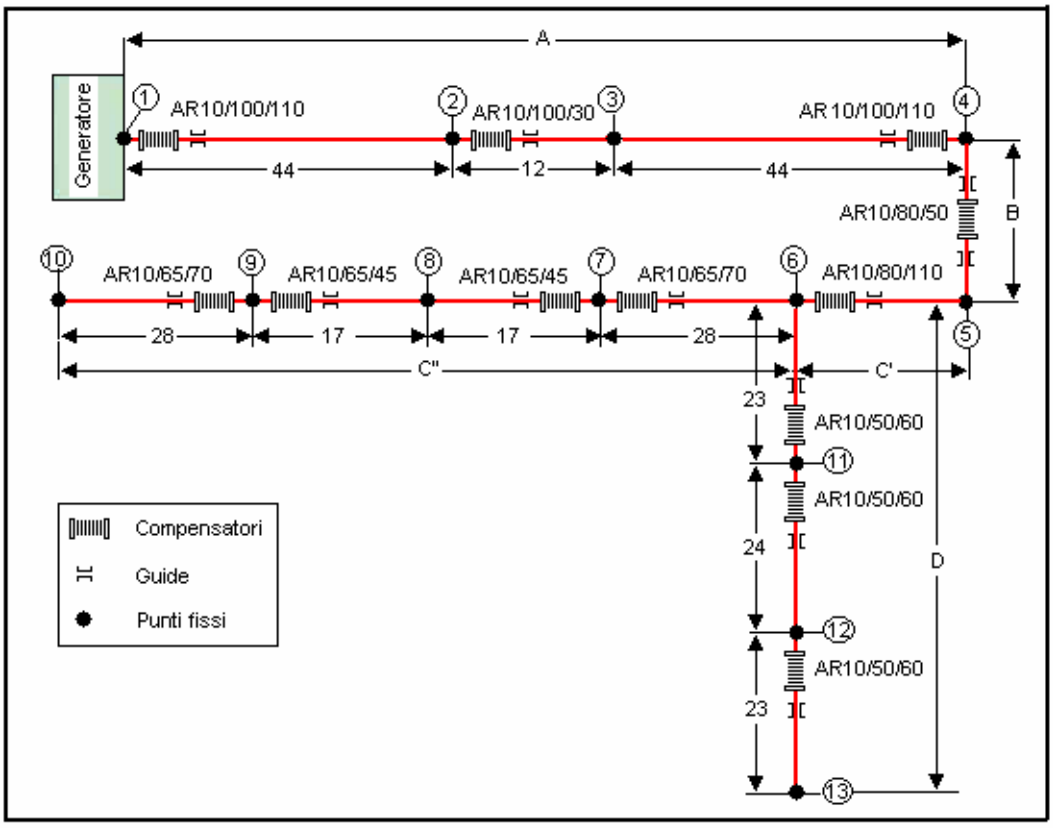


Fig. 30

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

$$F_{c4B} = K_c \frac{\Delta L}{2} = 8{,}5 \times \frac{41}{2} = 174{,}2 \text{ kg}$$

$$F_{p4B} = p \times S = 9 \times 79 = 711 \text{ kg}$$

$$F_{a4B} = F \times M = 0{,}3 \times 241 = 72{,}3 \text{ kg}$$

$$F_{4B} = F_{c4B} + F_{p4B} + F_{a4B} = 957{,}5 \text{ kg}$$

La spinta totale risulta

$$F_4 = \sqrt{F_{4A}^2 + F_{4B}^2} = 1882 \text{ kg}$$

La direzione di tale forza può essere facilmente determinata graficamente mediante il poligono vettoriale come illustrato nella figura 32.

Punto fisso 6
La spinta totale è la somma vettoriale delle tre spinte esercitate dai tronchi **C', C'', e D.**

$$F_{c6C'} = K_c \frac{\Delta L}{2} = 4{,}3 \times \frac{52}{2} = 112 \text{ kg}$$

$$F_{p6C'} = p \times S = 9 \times 79 = 711 \text{ kg}$$

$$F_{a6C'} = F \times M = 0{,}3 \times 301 = 90 \text{ kg}$$

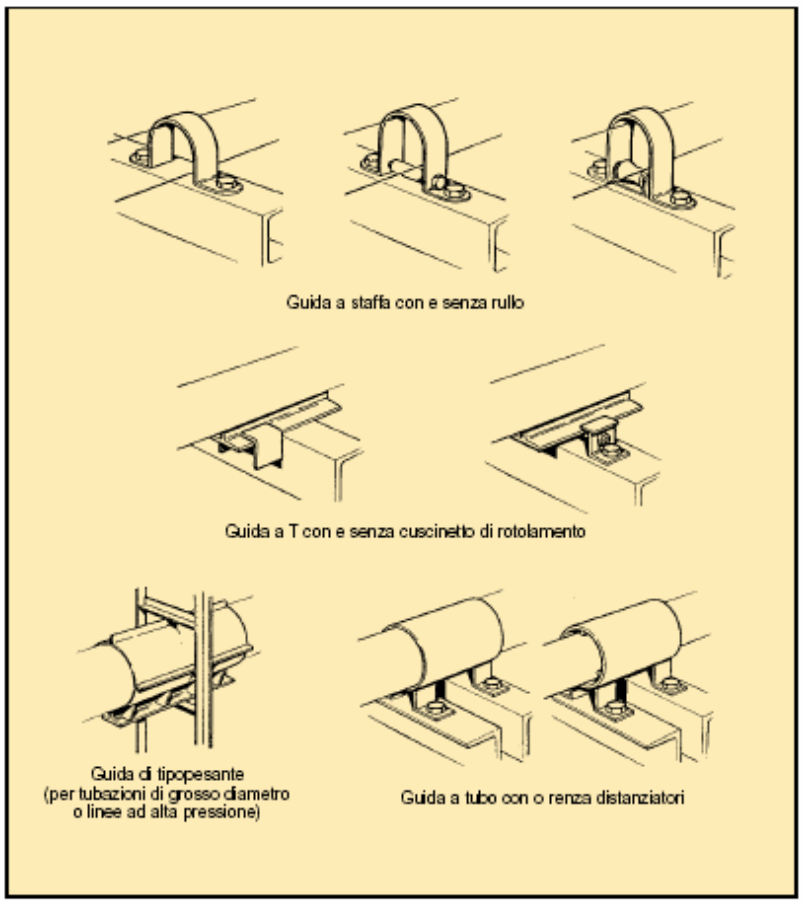

Guida a staffa con e senza rullo
Guida a T con e senza cuscinetto di rotolamento
Guida di tipopesante
(per tubazioni di grosso diametro
o linee ad alta pressione)
Guida a tubo con o renza distanziatori

Fig. 31 - Alcuni esempi di guide assiali per lo scorrimento dei tubi.
L'entità dei giochi previsti e delle tolleranze adottate è determinante per la buona funzionalità del sistema e per la durata dei giunti: le guide devono permettere la massima scorrevolezza evitando di sovraccaricare i punti fissi ed assicurando il massimo allineamento degli sforzi con l'asse longitudinale dei compensatori e delle tubazioni.

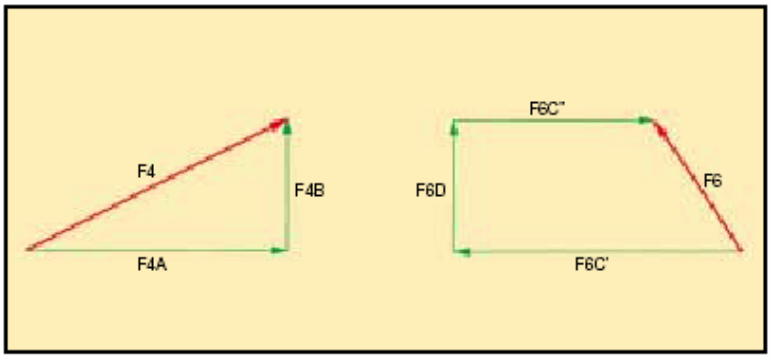


Fig. 32 - Poligoni vettoriali per la composizione delle forze agenti sui punti fissi 4 e 6.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

$$F_{6C'} = F_{c6C'} + F_{p6C'} + F_{a6C'} = 913 \text{ kg}$$

$$F_{c6C''} = K_c \frac{\Delta L}{2} = 5{,}5 \times \frac{56}{2} = 154 \text{ kg}$$

$$F_{p6C''} = p \times S = 9 \times 58 = 522 \text{ kg}$$

$$F_{a6C''} = F \times M = 0{,}3 \times 219 = 66 \text{ kg}$$

$$F_{6C''} = F_{c6C''} + F_{p6C''} + F_{a6C''} = 742 \text{ kg}$$

$$F_{c6D} = K_c \frac{\Delta L}{2} = 4{,}4 \times \frac{57}{2} = 125{,}4 \text{ kg}$$

$$F_{p6D} = p \times S = 9 \times 39 = 351 \text{ kg}$$

$$F_{a6D} = F \times M = 0{,}3 \times 161 = 48{,}3 \text{ kg}$$

$$F_{6D} = F_{c6D} + F_{p6D} + F_{a6D} = 524{,}7 \text{ kg}$$

La risultante totale è la somma vettoriale delle tre forze sopra calcolate

$$F_6 = \sqrt{(F_{6C'} - F_{6C''})^2 + F_{6D}^2} =$$

$$\sqrt{(913 - 742)^2 + 524{,}7^2} = 552 \text{ kg}$$

Lunghezza di montaggio

Da ultimo calcoliamo la lunghezza di installazione dei compensatori, supponendo che essi vengano montati quando la temperatura è di + 5°C.

Per brevità limiteremo questo calcolo ad un solo compensatore AR 10/100/110 connessioni flangiate con lunghezza libera di 395 mm.

$$\Delta L = \frac{44}{100} \times 205 = 90 \text{ mm}$$

$$L_{min} = 395 - \frac{90}{2} = 350 \text{ mm}$$

$$T_{inst} = + 5°C$$

$$T_{max} = + 154°C$$

$$T_{min} = - 10°C$$

$$L_{inst} = 350 + 90 - \frac{5 - (-10)}{154 - (-10)} \cdot 90 =$$

$$= 440 - 8{,}12 = 431{,}8$$

Arrotondamento a 432 mm.

Poiché la lunghezza di installazione del compensatore, così calcolata, risulta maggiore della sua lunghezza libera, al momento dell'inserimento nella tubazione il compensatore dovrà essere preallungato di:

432 – 395 = 37 mm.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

ALLUNGAMENTO DELLE TUBAZIONI IN mm PER 100 m

Temperatura °C	Acciaio al carbonio	Acciaio al carbonio-molibdeno e 4 ÷ 6% Cr	Acciaio 12% Cr	Acciaio inossidabile 18% Cr - 8% Ni
	mm/100 m	mm/100 m	mm/100 m	mm/100 m
—50	—71,5	—71,5	—72,0	—112,0
—40	—60,8	—60,8	—61,1	—94,9
—30	—50,0	—50,0	—50,1	—77,7
—25	—44,6	—44,6	—44,6	—69,0
—20	—39,1	—39,1	—39,1	—60,0
—15	—33,6	—33,6	—33,5	—51,8
—5	—22,5	—22,5	—22,4	—34,5
0	—16,9	—16,9	—16,8	—25,9
5	—11,3	—11,3	—11,2	—17,3
10	— 5,7	— 5,7	— 5,6	— 8,6
15	0,0	0,0	0,0	0,0
20	5,7	5,7	5,6	8,6
25	11,4	11,4	11,3	17,2
30	17,1	17,1	17,0	25,9
35	22,9	22,9	22,6	34,5
40	28,7	28,7	28,3	43,1
45	34,5	34,5	34,1	51,8
50	40,3	40,3	39,8	60,4
55	46,2	46,2	45,5	69,0
60	52,1	52,1	51,3	77,6
65	58,0	58,0	57,0	86,2
70	64,0	64,0	62,8	94,9
75	70,0	70,0	68,6	104,0
80	75,9	75,9	74,4	112,0
85	82,0	82,0	80,3	121,0
90	88,0	88,0	86,1	129,0
95	94,1	94,1	92,0	138,0
100	100,0	100,0	97,8	147,0
110	112,0	112,0	110,0	164,0
120	125,0	125,0	121,0	181,0
130	137,0	137,0	133,0	198,0
140	150,0	150,0	145,0	216,0
150	163,0	163,0	157,0	233,0
160	175,0	175,0	169,0	250,0
170	188,0	188,0	182,0	267,0
180	201,0	201,0	194,0	284,0
190	215,0	215,0	206,0	302,0
200	228,0	228,0	218,0	319,0
210	241,0	241,0	231,0	336,0
220	254,0	254,0	243,0	353,0
230	268,0	268,0	256,0	371,0
240	282,0	282,0	268,0	388,0
250	295,0	295,0	281,0	405,0
260	309,0	309,0	293,0	422,0
270	323,0	323,0	306,0	439,0
280	337,0	337,0	319,0	457,0
290	351,0	351,0	332,0	474,0
300	366,0	366,0	345,0	491,0
310		380,0	358,0	508,0
320		394,0	371,0	526,0
330		409,0	384,0	543,0
340		424,0	397,0	560,0
350		439,0	410,0	577,0
360		453,0	423,0	594,0
370		468,0	437,0	612,0
380		483,0	450,0	629,0
390		499,0	463,0	464,0
400		514,0	477,0	663,0
410		529,0	490,0	680,0
420		545,0	504,0	609,0
430		561,0	518,0	715,0
440		576,0	531,0	732,0
450		592,0	545,0	749,0
460		608,0	559,0	766,0
470		624,0	573,0	784,0
480		640,0	587,0	801,0
490		656,0	601,0	818,0
500		673,0	615,0	835,0
510		689,0	629,0	853,0
520		706,0	643,0	869,0
530		722,0	657,0	887,0
540		739,0	672,0	904,0
550		756,0	686,0	921,0

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

IL DRENAGGIO DI APPARECCHIATURE DI SCAMBIO TERMOREGOLATE

"IL FENOMENO DELLO STALLO"

INDICE

Argomento	Pagina
Drenaggio di apparecchiature di scambio Termoregolate	**2**
Causa blocco del condensato	4
Costruzione diagramma di stallo	6
Pompe di rilancio condense e schemi di montaggio	7

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

IL DRENAGGIO DI APPARECCHIATURE DI SCAMBIO TERMOREGOLATE

Altro argomento molto importante, normalmente trascurato con evidente conseguenze di mal funzionamento del sistema, è quello dello scarico e del rinvio della condensa generata da apparecchiature di scambio termico in genere, scambiatori di calore o batterie per aria, gas, dotati di regolazione di temperatura.

Di solito viene dedicata grande attenzione e cura solo alla parte della regolazione automatica, tenendo giustamente presente l'esigenza della precisione della temperatura; poca importanza si dedica invece allo scarico della condensa, con il risultato di annullare anche tutti gli sforzi dedicati alla regolazione e procurandosi una serie di altri problemi più difficilmente eliminabili.

I casi più frequenti ed in cui si possono più facilmente avere inconvenienti, si hanno con scambiatori di calore per fluidi diversi e con batterie di riscaldamento per aria alimentati con basse e medie pressioni di vapore; alcuni problemi sono riscontrabili anche con pressioni più elevate quando si abbiano reti di ritorno condense sopraelevate o comunque in contropressione.

Queste applicazioni richiedono una particolare cura nella scelta e nel dimensionamento dello scaricatore e nello studio dello schema di installazione; uno scaricatore non adatto, uno schema non adeguato o una svista in sede di installazione, possono portare ai seguenti inconvenienti:

- **insufficiente resa termica**
- **oscillazione della temperatura** del fluido termoregolato o stratificazione della temperatura stessa nel caso di batterie
- **forti colpi d'ariete**
- **corrosione nei serpentini** di scambio
- **allagamento delle superfici di scambio** e, nel caso di batterie, possibilità di gelo dei primi ranghi.

Compito della regolazione di temperatura prevista per il controllo di una di queste apparecchiature è di adeguare lo scambio termico in funzione delle esigenze momentanee dell'impianto, e questo può essere ottenuto soltanto adeguando la differenza di temperatura tra fluido riscaldante e fluido riscaldato di cui si deve tenere costante la temperatura: il modo per farlo è di abbassare proporzionalmente la pressione del vapore all'interno del- l'apparecchio di scambio.

La formula che regola lo scambio termico è:

$$Q = K \cdot S \cdot \Delta t$$

in cui Q è la resa in kcal/h
K è il coefficiente di trasmissione in kcal/ora m^2 °C
S è la superficie di scambio in m^2
Δt è la differenza di temperatura (media logaritmica) in °C fra i due fluidi.

La superficie S è di norma calcolata in funzione del massimo carico e della possibilità di incrostazioni (fouling) cui spesso si aggiunge una maggiorazione di sicurezza o per incertezza dei dati di impianto, per cui, in esercizio, risulterà certamente sovrabbondante, non solo in condizioni di carico ridotto, ma anche alle massime condizioni di funzionamento. Durante le fasi a consumo ridotto, per fronteggiare la situazione, il regolatore modulante parzializzerà, tendendo quasi a chiuderlo, il passaggio della valvola di alimentazione, fino a portare la **pressione del vapore a valori addirittura sub-atmosferici:** ciò accade tutte le volte che è necessaria una temperatura nel lato di alimentazione inferiore ai 100°C.

Il diagramma di fig.1 esemplifica la situazione per uno scambiatore di calore calcolato per riscaldare acqua da 15 a 60°C mediante l'impiego di vapore saturo a 4 bar (3 effettivi alle condizioni di massima portata e dopo le apparecchiature di controllo).

Pur supponendo di non aver sovradimensionato l'apparecchio di scambio, constatiamo che già al 75% del carico la pressione scende nell'apparecchio di scambio a poco più di 1 bar e raggiunge il valore atmosferico a circa il 50% del consumo: è questo un valore di stallo in cui si verifica l'impossibilità di un regolare funzionamento anche se non ci sono contropressioni dovute alla linea di ritorno.

Un normalissimo caso di sovradimensionamento della superficie di scambio (20%) peggiorerebbe ulteriormente la situazione come evidenziato dallo stesso diagramma.

Nel diagramma è riportata infatti una seconda condizione (linea inferiore) che esemplifica il caso molto comune di un apparecchio con superficie di scambio maggiorata (~20%); si noti come le condizioni di lavoro peggirano sensibilmente:

a pieno carico la pressione si è già ridotta a 1,7 bar ed al 58% della richiesta ci si troverebbe già in condizione di stallo e quindi di ingovernabilità del sistema.

Un esempio tipico è il caso di **batterie o scambiatori per impianti di riscaldamento** ambiente, durante la media stagione.

In questa situazione lo **scaricatore,** anche se di tipo adeguato e ben dimensionato, non è in grado di eliminare la **condensa,** non essendoci la necessaria pressione differenziale fra utenza e linea di ritorno, anzi tenderà ad aspirare condensa ed aria da quest'ultima. L'utilizzatore si allagherà con conseguente diminuzione della superficie di scambio e della temperatura regolata; non appena la situazione sarà rilevata dal sensore di temperatura e la valvola termoregolatrice tornerà ad aprire, si avranno **colpi d'ariete ed ampie oscillazioni della temperatura.**

Tali inconvenienti, che assumono un andamento ciclico, possono essere eliminati prevedendo una **valvola rompivuoto** in grado di immettere aria non appena la pressione del vapore scenda a valori sub-atmosferici. Si formerà così all'interno dello spazio a vapore una miscela aria vapore che può avere temperature inferiori ai 100°C, pur essendo a pressione atmosferica, senza la necessità cioè di andare sottovuoto (legge di Dalton sulle pressioni parziali nelle miscele di gas).

In queste condizioni, se il drenaggio è ben fatto, la condensa potrà essere allontanata regolarmente e con continuità, senza influire ed interferire con l'azione del termoregolatore.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

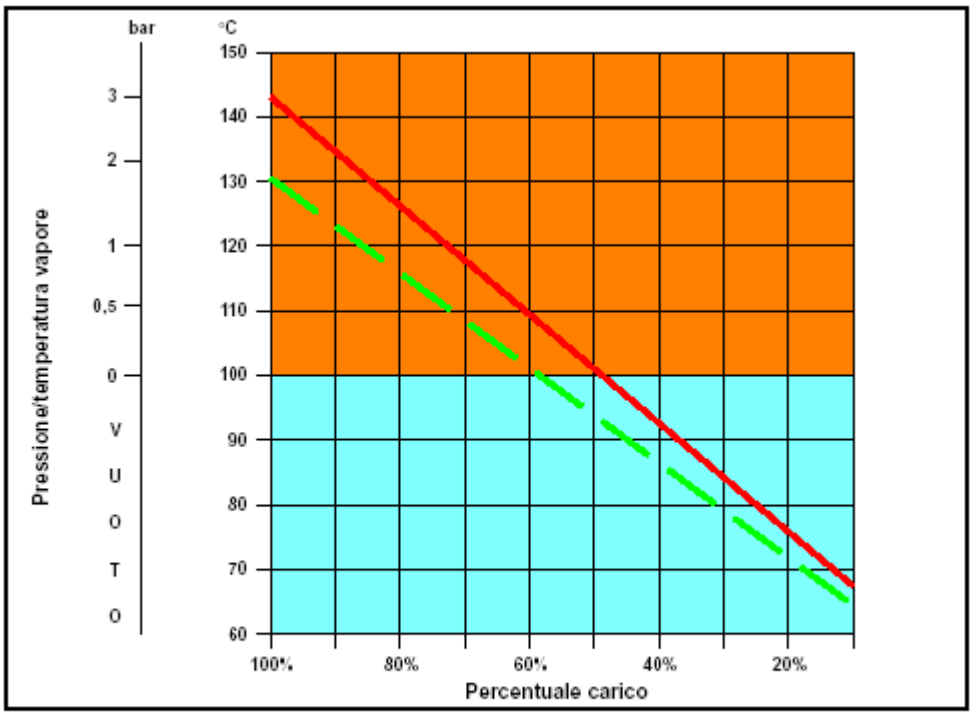


Fig. 1 - Variazioni della pressione e temperatura vapore in funzione della percentuale del carico nello scambiatore considerato. La linea tratteggiata rappresenta una frequente condizione di sovradimensionamento della superficie di scambio (20%).

Le figg. 2 e 3 rappresentano due installazioni tipiche: uno scambiatore istantaneo ed una batteria per aria con regolazione della temperatura. All'uscita degli apparecchi di scambio è prevista la valvolina rompivuoto, mentre lo scaricatore è installato con un **battente di almeno 1-1,5 m,** ed è questo battente che permette, quando la pressione è a valori atmosferici, lo scarico della condensa, purché non ci siano contropressioni o risalite.

Lo scaricatore dovrà essere sempre del tipo a **galleggiante con eliminatore d'aria termostatico,** che meglio si adatta all'esigenza del caso: scarico continuo, modulante e proporzionale al quantitativo di condensa in arrivo, così da potersi adeguare rapidamente e senza interferenze all'azione del regolatore; pronta eliminazione dell'aria e delle miscele aria-vapore anche alle basse pressioni, grazie all'elemento termostatico incorporato, in modo da assicurare una immediata risposta del complesso quando la richiesta del calore torna ad aumentare.

Lo scaricatore dovrà essere dimensionato con ampio fattore di sicurezza; **la capacità di scarico** massima sarà non meno di **due volte** circa il quantitativo effettivo di condensa da scaricare, sia per tener conto delle alte portate all'avviamento, sia per poter far fronte a quei periodi in cui lo scaricatore deve funzionare con la sola pressione differenziale di 0,1-0,15 bar, fornita dal battente idraulico predisposto in sede di installazione.

E' evidente quindi che in **nessun caso si possono prevedere innalzamenti o contropressioni** dopo lo scaricatore, altrimenti si avrebbero nuovamente sia gli allagamenti nonché tutti gli inconvenienti già visti e si renderebbero inutili i vari accorgimenti adottati.

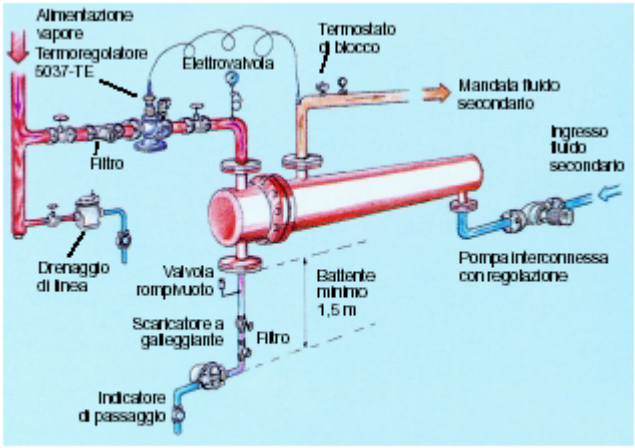


Fig. 2 – Scambiatore di calore termoregolato e drenaggio per gravità garantito da valvola rompivuoto, battente idraulico e scarico atmosferico

La linea di ritorno quindi **dovrà essere abbondantemente dimensionata,** avere una **opportuna pendenza** e possibilmente essere convogliata al serbatoio di ritorno separatamente dalle altre linee.

Una lunga serie di prescrizioni sicuramente restrittive ed in grado di complicare non solo la progettazione, ma sicuramente anche l'installazione e la conduzione stessa del sistema.

Nel caso poi si renda indispensabile effettuare delle risalite o rinvii a sensibile distanza, è necessario ricorrere all'installazione di un apposito sistema di pompaggio: il più semplice e pratico fino ad ora utilizzato, anche perché non richiede serbatoi supplementari, regolazioni di livello ed energia

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

elettrica di comando, è l'elevatore automatico utilizzante come fluido motore lo stesso vapore dell'impianto.
Sistema che ha fino ad ora permesso di risolvere il problema, sia pur con qualche complicazione di installazione: uso in serie di pompa e scaricatore di condensa per far fronte alle diverse fasi di carico e pressione e sensibili battenti idraulici per evitare allagamenti parziali delle superfici di scambio.

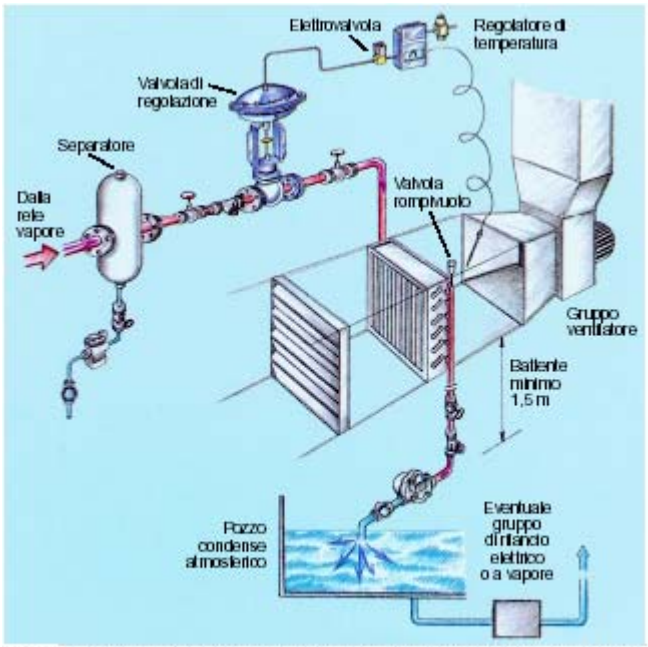


Fig. 3- Batteria di riscaldamento aria con termoregolazione, scarico condense atmosferico e rinvio in centrale termica

Cause del blocco del condensato
Generalmente si crede che la pressione del vapore in uno scambiatore di calore a vapore sia più che sufficiente ad assicurare lo scarico del condensato. Ci sono tuttavia due condizioni del processo che possono impedire la normale evacuazione delle condense:

- Elevata contropressione vapore
- Bassa pressione all'ingresso dello Scambiatore

In presenza di ciascuna di queste condizioni si verifica una insufficiente pressione differenziale necessaria per lo scarico del condensato nella tubazione di ritorno attraverso lo scaricatore. Quando il condensato non viene scaricato regolarmente lo scambiatore inizia ad allagarsi.
D'altra parte per mantenere un controllo ottimale della temperatura del processo e prevenire guasti di tipo meccanico o dovuti a corrosioni nello scambiatore, è essenziale effettuare lo scarico del condensato non appena questo si forma mantenendo libera la superficie di scambio: tale condizione può essere garantita da una sufficiente pressione differenziale.
Una insufficienza della pressione differenziale può essere imputata sia allo scambiatore (progetto errato o funzionamento anomalo) oppure alla linea ritorno condense.

1) Con regolazione in funzione, quando la temperatura del prodotto aumenta la valvola di regolazione del vapore tende a chiudere parzializzando il flusso.

2) La pressione del vapore diminuisce e quando la contropressione della linea di ritorno condensato è maggiore ($P_1<P_2$) della pressione del vapore a valle della valvola di regolazione inizia l'allagamento dello scambiatore come mostrato nella fig. 4
3) La temperatura del prodotto tende a diminuire e di conseguenza la valvola di regolazione torna ad aprire per aumentare la portata del vapore e quindi la pressione torna ad aumentare ($P_1>P_2$) e ricomincia lo scarico del condensato, ma nello scambiatore si instaura una pressione vapore maggiore di quella necessaria per mantenere il prodotto alla temperatura prefissata. Il ciclo quindi si ripete vedere fig. 5

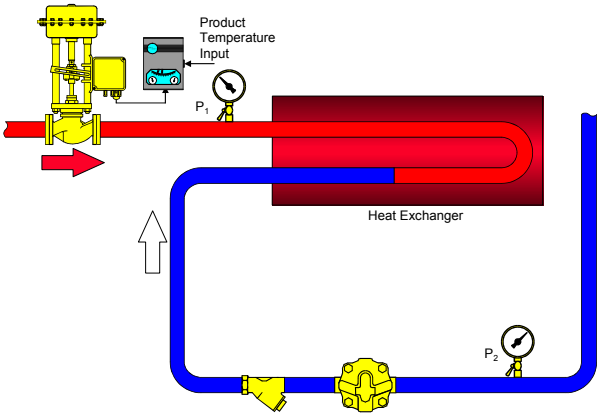


Fig. 4

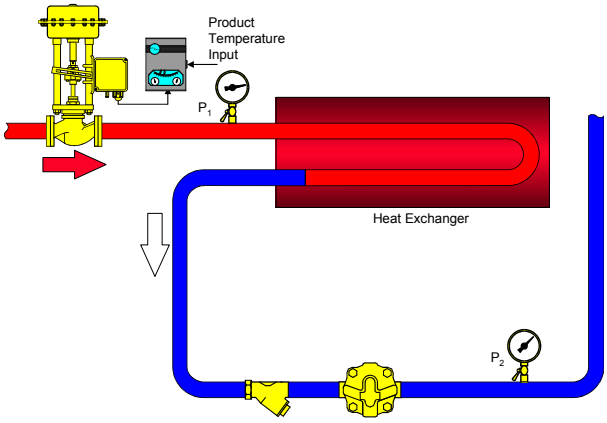


Fig. 5

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

La condizione di stallo viene accelerata e facilitata quando la tubazione di ritorno del condensato si trova nella posizione mostrata nella fig. 6, cioè ad una altezza tale da generare contropressioni allo scarico.
La pressione idrostatica (battente) nella linea di ritorno condense impedisce il libero scarico del condensato dalla batteria. Le condizioni di stallo che si verificano frequentemente nelle apparecchiature di scambio termico dotate di regolazione possono essere evitate mediante l'inserzione di una pompa, come mostrato nella figura 7.

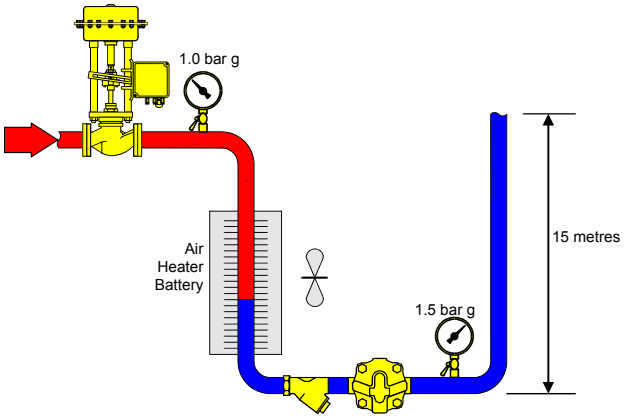


Fig. 6

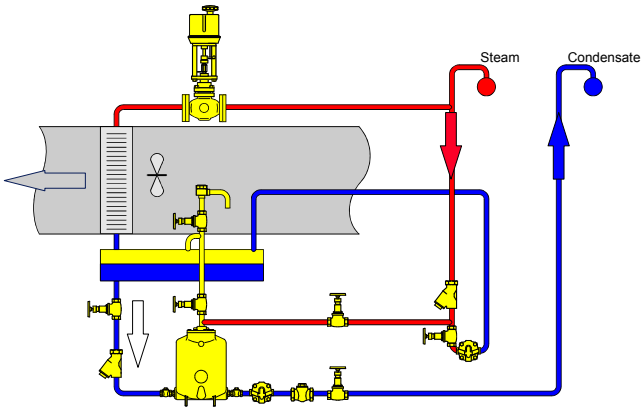


Fig. 7

Determinazione delle condizioni di stallo
In modo semplificativo poniamo che il trasferimento di energia sia determinato da:

$$Q = U \times A \times \Delta t$$

- U = Coefficiente totale di trasferimento energia termica in $W/m^2°C$
- A = Superficie di trasferimento in m^2
- Δt = Differenza di temperatura tra il mezzo riscaldante (vapore) e la temperatura media del prodotto che deve essere riscaldato in °C.

Per un determinato scambiatore il prodotto U x A è sostanzialmente costante per cui Q (energia termica trasmessa)sarà una funzione di Δt. Per mantenere costante la temperatura del prodotto riscaldato sarà necessario dosare l'energia trasmessa; regolazione che può essere effettuata soltanto variando la temperatura del vapore.
Per il carico massimo dell'utenza (spesso corrisponde all'avviamento del processo) il Δt deve essere al valore massimo cioè massima temperatura del vapore e minima temperatura del prodotto (temperatura circuito secondario).
Per un carico nullo il Dt deve essere zero. La temperatura del vapore deve quindi essere uguale alla temperatura del prodotto che deve essere riscaldato.
Dalle due condizioni estreme riportate si deduce che al 50% del carico anche il Dt sarà al 50% del carico massimo e le condizioni intermedie saranno in diretta proporzione.

Costruzione del diagramma di stallo
Con riferimento alla teoria esposta possiamo costruire il diagramma di stallo di cui alla **fig. 8**, tracciando due linee che nel carico massimo (indicato sulle ascisse) convergono al punto di carico nullo. La linea inferiore è condotta dal punto corrispondente alla temperatura di ingresso del fluido secondario alla temperatura di uscita mentre la linea superiore rappresenta, sulla scala delle ordinate, la variazione della temperatura del vapore (e quindi la sua variazione di pressione).
Conoscendo la pressione a valle dello scaricatore, la linea della temperatura vapore può essere usata per determinare il punto nel quale la pressione vapore eguaglia la contropressione generando la condizione di stallo.
Una ulteriore riduzione del carico aumenterà il fenomeno di allagamento da parte del condensato.
Scendendo in verticale da punto di incrocio si leggerà sulla scala delle ascisse a quale percentuale del carico avviene lo stallo:
nell'esempio le condizioni di stallo sono presenti per carichi al 63% del massimo di progetto. Sotto il 63% del carico quindi necessario l'impiego di una pompa per la rimozione del condensato.
Per risolvere il problema dello stallo la Sirax-Sarco ha realizzato da moltissimi anni una pompa meccanica MFP 14 (Fig. 9) di sicura affidabilità (con azionamento mediante fluido in pressione) e possono essere impiegate in quasi tutti i casi di applicazione delle elettropompe e sono particolarmente adatte per il pompaggio del condensato con i seguenti vantaggi:

- Evacuazione e rilancio a distanza di condense anche quando le apparecchiature di scambio termico funzionano a pressioni sub-atmosferiche
- Richiede poca disponibilità di spazio perché non necessita di serbatoio ricevitore di condensa, ma è sufficiente un piccolo collettore (vedere nostra specifica tecnica).
- Non necessita di energia elettrica per l'azionamento.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

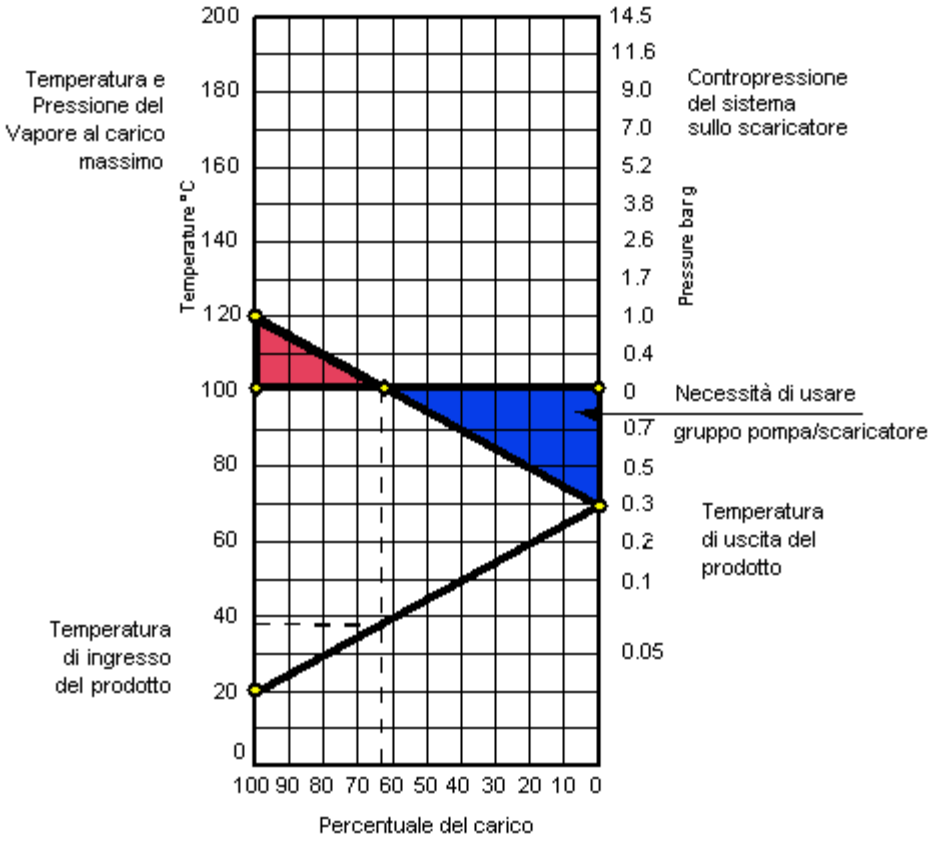


Fig. 8 - **Diagramma di Stallo**

- Non sono necessari controlli di livello per il serbatoio perché non necessario.
- Possono essere installate in aree definite pericolose.
- Può pompare condensato a temperatura di saturazione senza alcun pericolo di cavitazione.
- Manutenzione quasi inesistente.
- Possibilità di montaggio di più pompe in parallelo per portate molto elevate.
- Possibilità da parte di Spirax-Sarco di fornire Packages di gruppi premortati con tutte le certificazioni e collaudi richieste dalle normative vigenti (Fig. 10).

Da qualche anno la Spirax-Sarco ha realizzato e brevettato per piccole e medie portate di singoli apparecchi di scambio termico un apparecchio rivoluzionario per la soluzione del problema dello stallo “Unità automatica di scarico e pompaggio APT 14” che riunisce in sé tutte le caratteristiche ed i vantaggi dei sistemi di pompaggio e la semplicità operativa dello scaricatore di condensa a galleggiante (Fig.11).
Principio di funzionamento e caratteristiche tecniche come da nostre specifiche tecniche.

Fig. 9 - **Pompa MFP 14**

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

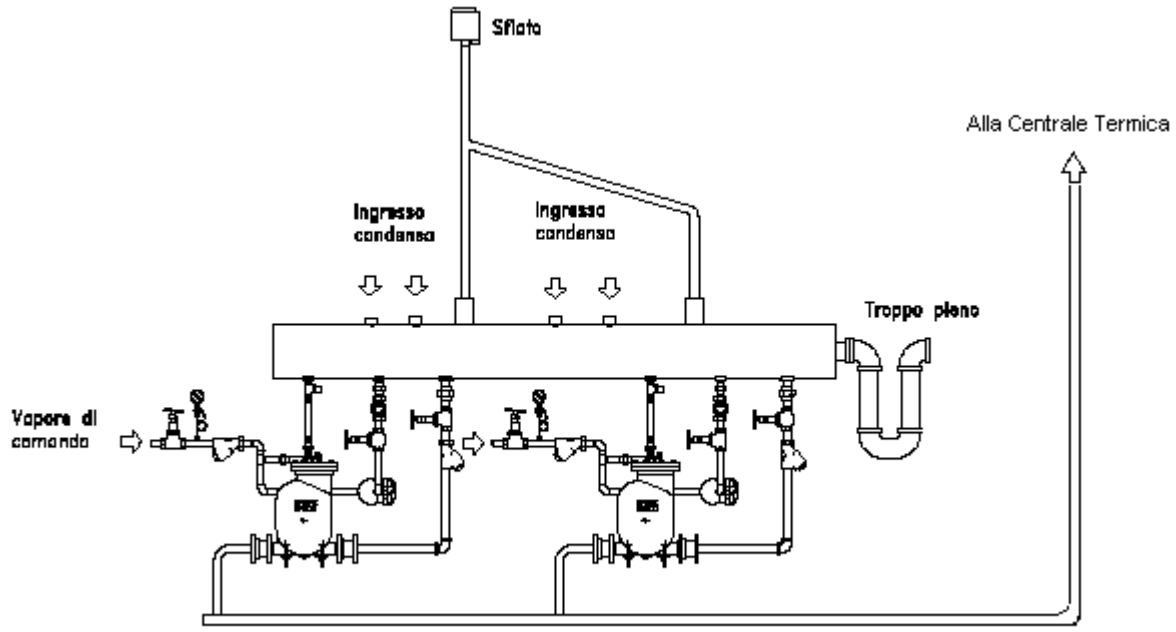


Fig. 10 – POMPE DI RILANCIO CONDENSA

Fig. 11 - Pompe APT 14

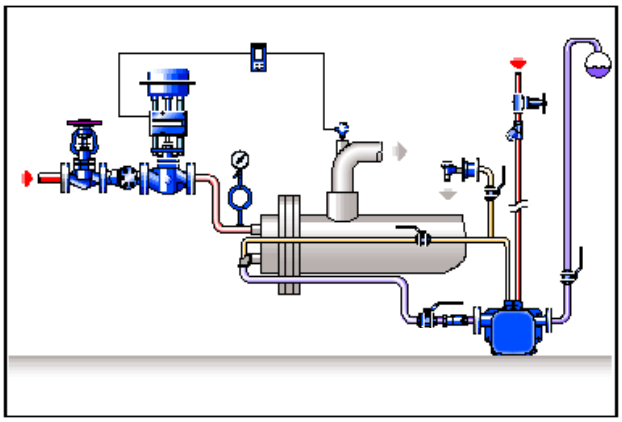


Fig. 12 – Installazione tipica dell' APT 14 per il drenaggio completamente automatico di uno scambiatore di calore termoregolato. Efficienza e autonomia sono assicurati in ogni fase del processo.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

CENTRALE TERMICA E SOTTOCENTRALI

INDICE

Argomento	Pagina
CENTRALE TERMICA	**2**
Depurazione acqua di alimento	2
Degasazione acqua di alimento	2
Schema impinto Centrale Termica	3 – 4
Fenomeni derivanti da incondensabili	5
Generatore vapore (Caldaia)	6
Regolazione livello	6
Spurghi caldaia	6
Collettore di distribuzione vapore	8
Sottocentrale produzione acqua calda	
Schema impianto	9 - 10
Gruppo produz. Acqua calda climatizzaz.	11
Sistema di espansione pressurizzato	11
Gruppo produz. Acqua calda sanitaria.	13
Gruppo pompe rilancio condense	13
Sottocentrale vapore per Cucine	**14**
Gruppi riduzione pressione e Rilancio condense	15

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

CENTRALE TERMICA

A) Depurazione acqua di Alimento Generatori di Vapore

Premesso che i Generatori di Vapore tecnologico per produzione di Vapore negli Ospedali sono generalmente a tubi di fumo perché la pressione non supera mai i 20 Bar e la produzione è sempre al disotto delle 20 ton/h per ciascun generatore.

Le acque di alimento di un Generatore di Vapore debbono essere sempre sottoposte a trattamenti di depurazione adeguate sia all'impiego che ne viene fatto del Vapore che alla pressione di produzione, per i seguenti motivi:

-massimizzare l'economia di gestione

-per avere la massima sicurezza

-per massimizzare la durata degli impianti nel tempo

Il trattamento necessario per questa tipologia di impianto possono essere:

-Impianto di demineralizzazione oppure

-Impianto di addolcimento + Osmosi inversa

Tali trattamenti sono adeguati per il rispetto della **Norma CTI UNI 7550 "Requisiti delle acque per Generatori di Vapore e relativi impianti di trattamento"**

B) Degasazione acqua di Alimento Generatori di Vapore

L'ossigeno è un gas presente nelle acque in quantità inversamente proporzionale alla temperatura ed è una delle principali cause di corrosione dei componenti gli impianti Vapore e non solo.

Deve essere quindi eliminato con adeguati impianti di Degasazione.

E' evidente che per ridurre la quantità dei gas disciolti presenti nell'acqua di alimento dei Generatori di Vapore occorre aumentare la temperatura che però non è sufficiente alla loro completa eliminazione e per questo si ricorre a delle apparecchiature di degasazione (degasatori) con i quali la separazione dei gas disciolti viene favorita dall'effetto di stripping, cioè con l'atomizzazione o con la laminazione dell'acqua da degasare oltre al lavaggio con vapore a bassissima pressione inviato sulla testata degasatrice.

Fatta questa premessa precisiamo quanto segue:

1) Per poter degasare l'acqua di alimento caldaia si deve innalzare la sua temperatura e questo può avvenire in un degasatore termofisico che deve essere pressurizzato o attraverso un sistema come quello proposto dalla Spirax-Sarco a pressione atmosferica.

2) Il degasatore pressurizzato deve essere sottoposto al collaudo degli enti preposti come recipiente in pressione ed inoltre può provocare degli ostacoli all'evacuazione della condensa dalle varie utenze perché determina una contropressione agli scaricatori di condensa.

3) Il sistema Spirax-Sarco operando in un serbatoio atmosferico non ha bisogno di collaudo e non crea ostacoli alla evacuazione della condensa dalle utenze.

4) Si ha un notevole risparmio energetico e di acqua trattata se si fa affluire la condensa in una testata di miscelazione e degasazione; infatti la condensa che ritorna dalle utenze è ancora dotata di un notevole carico termico a causa del fatto che viaggia in tubazioni leggermente pressurizzate (dovute alle perdite di carico), può quindi in alcuni casi trovarsi intorno a circa 100-110°C. Se questa condensa la convogliamo direttamente in un serbatoio atmosferico una certa percentuale rievapora e si perde in atmosfera con notevoli danni economici; è evidente che facendola confluire in una testata di degasazione e miscelazione questa perdita si annulla perché si miscela all'acqua fredda di reintegro.

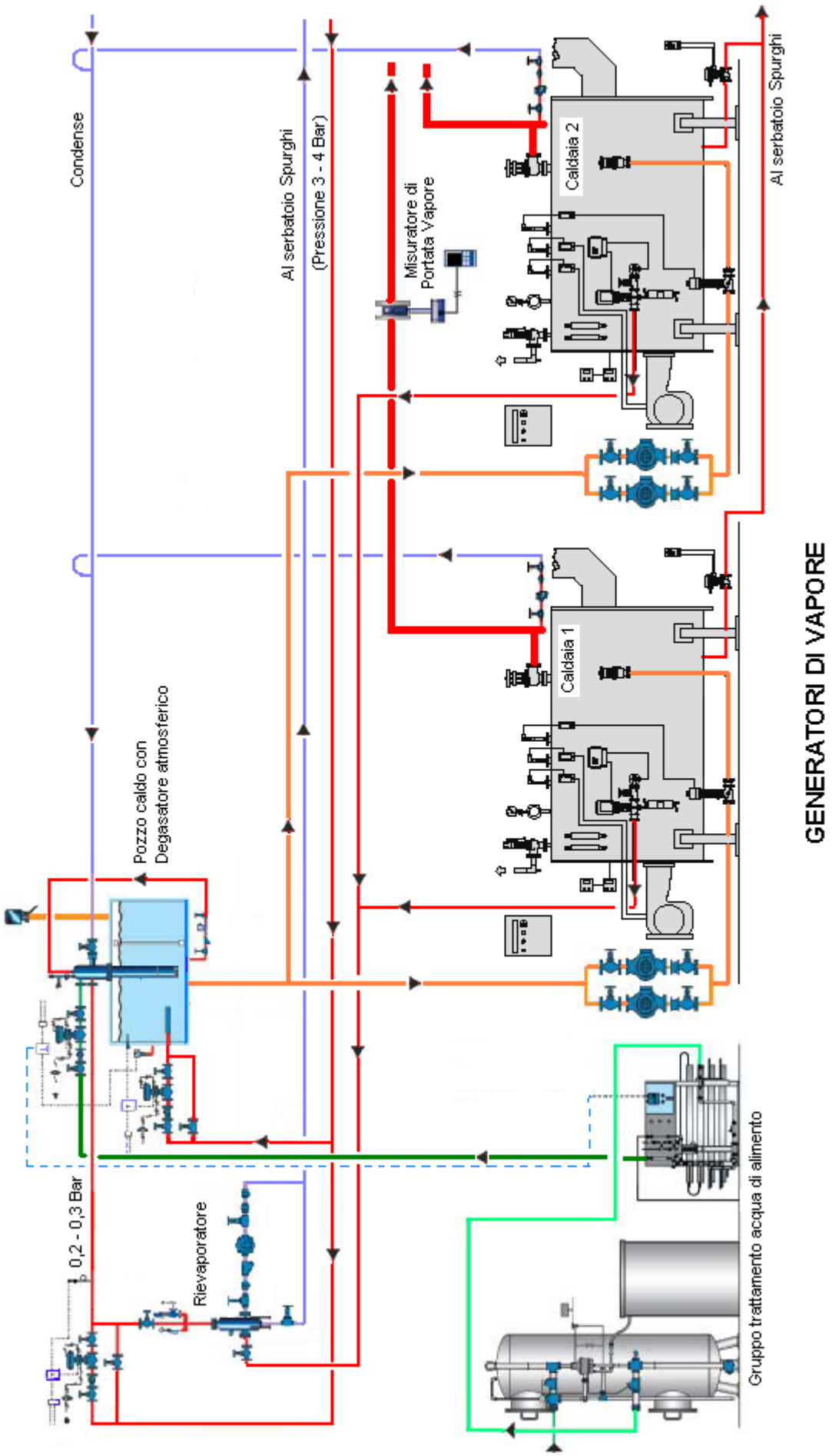
5) Le caldaie hanno il loro massimo rendimento con temperatura dell'acqua di alimento intorno agli 85-90°C; alimentare a temperature più basse oltre a diminuirne il rendimento provoca alcuni fenomeni estremamente dannosi: pendolazione del livello in caldaia, brusche variazioni di pressioni, aumento dei trascinamenti di acqua con conseguente basso titolo del vapore prodotto.

6) Aumentando la temperatura dell'acqua di alimento occorre dimensionare correttamente le tubazioni di adduzione in modo da fare defluire l'acqua alle pompe senza riduzioni della pressione dovuta al battente idrostatico ottenuto con la sovraelevazione del serbatoio di alimento caldaie (min. 2-2,5 metri) all'imbocco delle pompe pena il verificarsi di fenomeni di cavitazione che renderebbe inutilizzabile l'impianto di produzione vapore.

7) Il serbatoio di raccolta condense è buona norma che abbia una dimensione pari alla produzione oraria di vapore quando la regolazione del livello del Generatore di Vapore è del tipo on-off; quando la regolazione del livello è modulante si può anche ridurre del 50% ed oltre per Generatori di grande Potenzialità.

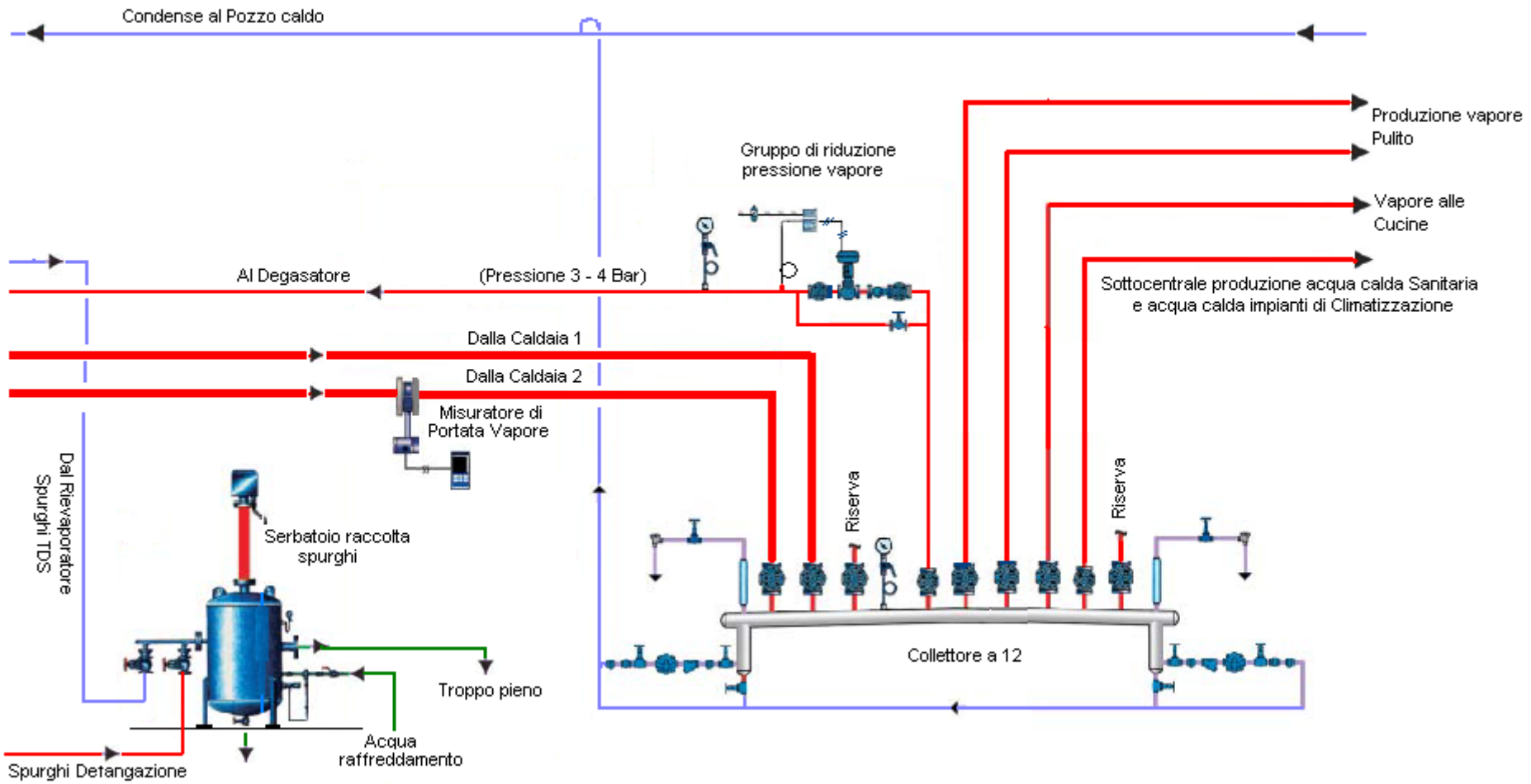
8) La temperatura dell'acqua di alimento dovrà essere mantenuta intorno ai 85 - 90°C mediante iniezione di vapore direttamente all'interno del pozzo caldo mediante appositi iniettori per il riscaldamento in fase di avviamento dell'impianto e per far fronte ai picchi di richiesta vapore al quale non corrisponde un immediato ritorno delle condense di uguale portata.
   Indispensabile inviare sulla testata del degasatore vapore a bassissima pressione 0,2 - 0,3 Bar possibilmente vapore di rievaporazione (derivante da un sistema di rievaporazione delle acque di spurgo e/o condense relative a quelle utenze che utilizzano vapore a pressioni più alte) in quantità adeguata alla quantità dell'acqua di reintegro che si trova a temperatura ambiente.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

CENTRALE TERMICA



COLLETTORE DI DISTRIBUZIONE VAPORE

© Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Fenomeni derivanti dalla presenza di incondensabili

Reazioni chimiche in presenza di O_2 e di CO_2

L'Ossigeno contenuto nell'acqua assorbe facilmente elettroni dando origine ad un processo rappresentato dalla reazione chimica seguente:

$$O_2 + 4Fe + 2H_2O \longrightarrow 4OH^-$$

Le superfice metalliche interagiscono con la seguente reazione dando origine al processo corrosivo:

$$2Fe + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2Fe^{++} + 4OH^-$$

La presenza di Anidride Carbonica nei circuiti Vapore-Condensa dipende quasi esclusivamente dalla quantità di Carbonati e Bicarbonati presenti nell'acqua di alimento dando origine a reazioni chimiche abbassandone il PH con conseguente corrosione delle tubazioni e apparecchiature che costituiscono l'impianto:

$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$ (Acido Carbonico)

$H_2CO_3 + Fe \longrightarrow FeCO_3 + H_2$ (Carbonato di ferro + Idrogeno)

$4\ FeCO_3 + 10\ H_2O + O_2 \longrightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 4\ H_2CO_3$ (Idross. di Ferro + Acido Carboni.).

Cenno alla legge di Dalton applicabile alla miscela Gas / Vapore

La pressione di una miscela gassosa è la somma delle pressioni che avrebbe ciascun gas se da solo occupasse il volume della miscela

$$\mathbf{P = p_1 + p_2}$$

Consideriamo che i due gas occupano rispettivamente i Volumi $\mathbf{v_1}$ e $\mathbf{v_2}$ alle pressioni $\mathbf{p_1}$ e $\mathbf{p_2}$ **,** mescoliamoli a temperatura costante in un recipiente di Volume **V,** la legge di Boyle & Mariotti darà la pressione parziale di ognuno di essi:

$$\mathbf{p\ v = p_1\ v_2 = Costante}$$

quindi applichiamo la legge di Dalton per calcolare la pressione finale **P** della miscela:

$$\mathbf{P = p_1 + p_2 = \frac{p_1 v_1}{V} + \frac{p_2 v_2}{V}}$$

analogamente si puo' fare se inizialmente i due gas hanno temperature assolute differenti $\mathbf{T_1}$ e $\mathbf{T_2}$

Le pressioni parziali alla temperatura **T** nel volume **V** saranno date da:

$$\mathbf{\frac{p_1 V}{T} = \frac{p_1 v_1}{T_1}\ ;\ \frac{P V}{T} = \frac{p_1 v_1}{T_1} + \frac{p_2 v_2}{T_2}}$$

Quando non esiste correlazione tra Pressione e Temperatura per il Vapore Saturo, ma la temperatura è inferiore significa che miscelata con il Vapore c'è Aria che quindi bisogna eliminarla sia prima di inviare acqua in Caldaia per la produzione di Vapore con appositi Degasatori Atmosferici o Pressurizzati e l'installazione nei punti alti dell'impianto Eliminatori Termostatici di Aria.

Dati e componenti necessari per un Sistema di Degasazione a pressione atmosferica

a) Quantità max di Vapore prodotto in kg/h
b) Quantità di condensa recuperato in kg/h
c) Conduttività acqua di alimento Generatore
d) Conduttività all'interno del Generatore
e) Temperatura delle Condense
f) Temperatura dell'acqua di reintegro
g) Dimensioni geometriche del Serbatoio di alimento
h) Temperatura acqua di alimento Generatore (consigliabile 85 – 90°C)

Si calcola quindi la quantità oraria degli spurghi TDS necessari da effettuare in continuo dai Generatori di vapore con i nostri sistemi BCS che dovranno essere convogliati in un Rievaporatore RV (si tratta di un semplice serbatoio di separazione del vapore di rievaporazione e l'accqua contaminata dai sali) munito di tutti gli accessori indispensabili per recuperare l'energia termica prima di convogliarli in fogna. Il vapore prodotto a 0,2 – 0,3 Bar (che è circa il 15% dell'acqua di spurgo a 10 bar) sarà inviato nella testata di degasazione con funzione di stripping per l'acqua di reintegro ed in caso di quantità insufficiente sarà integrato con vapore vivo mediante una valvola di regolazione con funzione di riduttrice di pressione a 0,2 – 0,3 bar.

La condensa inquinata in uscita dal Rievaporatore RV con una temperatura di 105 –106°C può essere ancora raffreddata fino a 35°C (temperatura max imposta dalla legislazione prima di convogliarla agli scarichi) preriscaldando l'acqua di reintegro a mezzo di uno Scambiatore a piastre (vedi schema seguente).

Per la fase iniziale di messa in marcia dell'impianto e per mantenere la temperatura del pozzo caldo al valore 85 – 90°C è necessario prevedere un sistema di iniezione vapore a 3 – 4 bar mediante uno o più iniettori vapore con relativo controllo di temperatura.Prevedere sempre una pompa di ricircolo tra la testata di degasazione e la parte più bassa del pozzo caldo per evitare eventuali stratificazioni.

La testata di degasazione dimensionata in funzione della quantità di acqua da trattare e sarà dotata di attacchi di dimensioni adeguate alle portate:

- Quantità di condensa di ritorno dall'impianto
- Quantità di acqua di reintegro
- Quantità di vapore per lo strippaggio
- Attacco per il ricircolo
- Attacco per sfiato gas in condensabili e Rompivuoto

Il tubo d'immersione di lunghezza leggermente inferiore all'altezza del serbatoio atto a convogliare l'acqua di ritorno e di reintegro nella parte più bassa del serbatoio.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

L'ingresso dell'acqua di reintegro sarà regolata mediante un controllo modulante del livello del serbatoio agendo tramite una valvola di regolazione; il controllo del livello deve essere del tipo modulante perché il vapore per lo stripping arrivando in continuo deve assolvere alla sua funzione con l'acqua di reintegro ed inoltre con questo sistema si può limitare anche le dimensioni del serbatoio di alimento.

C) Generatori di Vapore

In considerazione dell'utilizzo del Vapore nelle Lavanderie, anche di grosse dimensioni, sono sufficienti Generatori di Vapore con bollo di 12 o 15 Bar mentre le potenzialità variano in funzione della biancheria che debbono trattare, però tutti debbono assicurare l'erogazione del Vapore e per tale considerazione è necessario installare più generatori garantendo la ridondanza, nella maggio parte delle Lavanderie vengono installati N.2 Generatori di vapore di eguale potenzialità dove in funzione del carico ne viene mantenuto in esercizio n.1 oppure n.2 in parallelo.

Viste inoltre le potenzialità e le pressioni necessarie è consigliato l'utilizzo di Generatori a tubi di fumo.

Per una maggiore efficienza dei Generatori è sempre consigliabile una regolazione modulante del livello come schema di principio di fig. 1 costituito da:

- Misuratore Trasmettitore di portata ILVA o DIVA che trasmette i valori istantanei di portata all'unità di calcolo costituita dal CD 600
- Misuratore Trasmettitore di Livello di tipo Capacitivo o di Pressione differenz. Che invia il segnale all'unità di calcolo costituita dal CD 600
- Regolatore elettronico multi-loop CD 600 è una unità di calcolo che dispone di 4 loop di regolazione e funzioni matematiche multiple configurabili, come in questo caso che interviene correggendo la regolazione del livello in funzione del consumo effettivo istantaneo di vapore.
- Valvola di Regolazione pneumatica con posizionatore Elettropneumatico EP5/M o di tipo SMART SP2/M
- Accessori di linea quali Valvola di ritegno, Filtro, Valvole d'intercettazione ecc.

I Generatori di Vapore debbono inoltre essere dotati di Pressostati per il controllo della pressione, Interruttore di livello per allarme di minimo livello, Indicatore visivo di livello, Valvole di sicurezza dimensionate in funzione della potenzialità nominale oltre al controllo e lo spurgo in continuo del TDS e di una Valvola manuale o temporizzata per la defangazione.

I vantaggi di una Regolazione di livello modulante sono:

- Migliore qualità del Vapore
- Pressione e portata stabili
- Maggiore efficienza dei bruciatori
- Minore stress termico della caldaia
- Portata acqua alimento adeguata al carico della caldaia
- Possibilità di usare pompe comuni a più caldaie
- Minore manutenzione a pompe e bruciatori

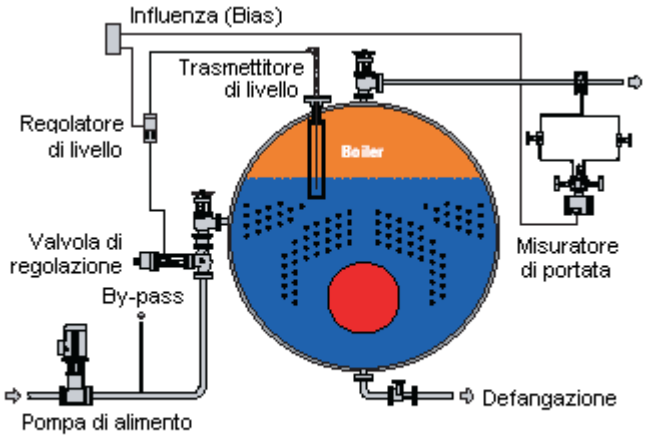


Fig. 1- Regolazione di livello a due elementi

Spurghi del TDS dei Generatori di Vapore

Il controllo automatico degli spurghi garantisce:

- Vapore più pulito alle utenze
- Limita le incrostazioni in Caldaia
- Mantiene il PH entro i limiti consentiti
- Permette un risparmio energetico perché evacua la quantità di acqua necessaria, ciò che non è possibile effettuare manualmente

La misura del TDS in ppm viene effettuate mediante la conducibilità dei campioni e corrisponde a:

TDS = (Conducibilità in μS/cm) x 0,7

(valido per campioni neutri a 25°C)

- Acidi ed Alcali hanno l'effetto di aumentare la conducibilità dell' acqua oltre i valori campione
- L'acqua di caldaia è normalmente mantenuta alcalina (pH 9 - 10) per prevenire la corrosione delle strutture e questo ha il risultato di aumentare la conducibilità dell'acqua stessa
- Per un campione tipico di acqua di caldaia non neutralizzata a 25 °C la conversione approssimativa da μS/cm a ppm sarà:

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

TDS = (conducibilita` in μS/cm) x 0,5

Massimo TDS tollerato per tipo di Caldaia	**TDS max (ppm)**
-Grande volume "Cornovaglia"	5.000 – 6.000
2 Passi a ricupero	3.000 – 3.500
Compatte a 3 passi a ricupero	2.500 – 3.000

Calcolo della portata di Spurgo

- F = TDS (ppm) dell'acqua di alimento
- B = TDS (ppm) previsto in caldaia
- S = Portata generazione caldaia (kg/h)
- **Portata da spurgare = $\frac{F \times S}{B - F}$**

Il sistema di controllo automatico del TDS:
Mantiene il livello del TDS in caldaia vicino al massimo ammissibile minimizzando perdite di calore ed acqua trattata

1. Previene il TDS elevato causa di trascinamenti nel vapore, contaminazioni dei prodotti e bloccaggio degli apparecchi
2. Contribuisce a mantenere pulita e senza scaglie la caldaia assicurando i parametri dell'acqua opportunamente trattata
3. Questi vantaggi vengono assicurati con il minimo di intervento manuale.

Dagli spurghi del TDS è possibile recuperare una quantità notevole di energia come si evince dal seguente esempio:

- F = TDS dell'acqua di alimento 250 ppm
- B = TDS previsto in caldaia 2.500 ppm
- S = Portata generazione caldaia 10.000 kg/h

$$\frac{F \times S}{B - F} = \frac{250 \times 10.000}{2.500 - 250} = \mathbf{1.111\ kg/h\ di\ Spurghi}$$

Ipotizzando che la caldaia funzioni a 10 Bar e gli spurghi vengono convogliati ad un Rievaporatore per produrre Vapore a 0,2 Bar per lo stripping dell'acqua di reintegro avremo:
Entalpia dell'acqua di spurgo a 184°C (10 Bar) = 186,8 kcal/kg
Entalpia dell'acqua dopo rievaporazione 0,2 Bar 106,2°C = 105,3 kcal/kg
Entalpia in eccesso = 186,8 – 105,3 = 81,5 kcal/kg = 81,5 x 1.111 = 90.546 Kcal/h
Entalpia del Vapore a 0,2 Bar = 536,2 kcal/kg

$$\text{Kg/h di Rievaporato} = \frac{90,546}{536,2} = \mathbf{168,86\ kg/h}$$

di vapore di rievaporazione.

Spurghi per la Defangazione dei Generatori di Vapore

Anche dopo accurati trattamenti dell'acqua di alimentazione, in Caldaia sono sicuramente presenti solidi disciolti e in sospensione che si accumulano sul fondo e debbono essere eliminati per prevenire:

- Ostruzione dei collegamenti allo spurgo
- Disomogenea trasmissione di calore
- Surriscaldamento localizzato con conseguente danneggiamenti alla Caldaia

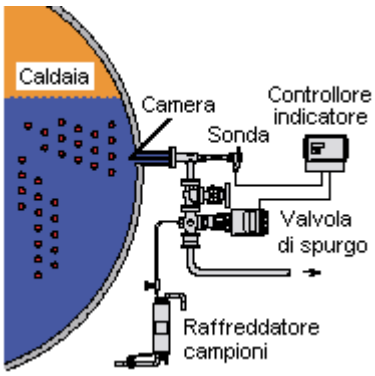


Fig. 2 – Controllo Automatico del TDS

A tale scopo la Spirax Sarco consiglia di effettuare uno spurgo temporizzato automatico come da Fig. 3, costituito da

- Valvola servoazionata pneumaticamente tipo BBV 980 A azionata ad intervalli di tempo prestabiliti da un temporizzatore BT 1000

Con i seguenti benifici per l'utente:

- Intervallo e durata dello spurgo regolabili
- Si evita la ripetizione o la dimenticanza dello spurgo
- La valvola chiude in mancanza di alimentazione
- Lo spurgo temporizzato automatico evita perdite di energia

Con un temporizzatore si possono collegare fino a 9 comandi di spurgo.

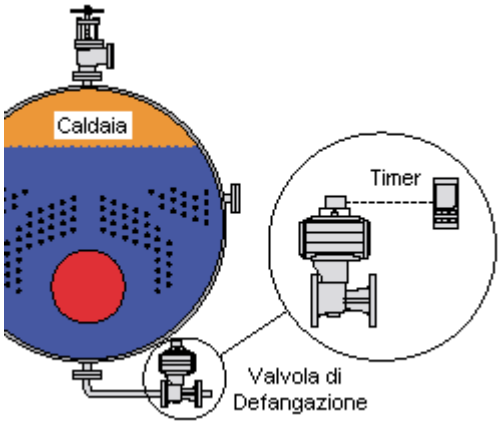


Fig. 3 – Sistema automatico di Defangazione

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Serbatoio raccolta spurghi di Caldaia
Gli Spurghi derivanti dal TDS e dalla Defangazione prima di convogliarli negli scarichi è necessario far decantare le parti solide e raffreddarli alla temperatura inferiore ai 35°C come previsto dalla legislazione.

Collettore di distribuzione Vapore
I Collettori di distribuzione Vapore hanno il compito di ricevere Vapore dai Generatori e distribuirlo alle varie utenze e sottocentrali presente, quindi il dimensionamento (diametro) deve essere calcolato in funzione della quantità massima di vapore kg/h che riceve mentre la lunghezza è condizionata dal diametro e dal numero delle tubazioni in arrivo e in partenza. Deve inoltre essere realizzato secondo le vigenti normative Europee P.E.D. (97/23/CE).
Un calcolo rapido per determinare il diametro può essere il seguente:

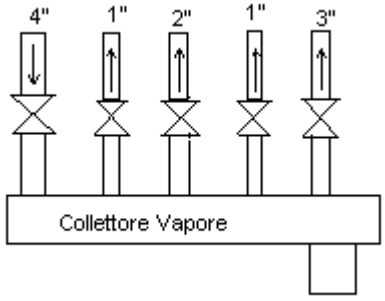
$$D(cm) = \sqrt{\frac{\text{Sup. tot. tuaz. in uscita + 50\%}}{0{,}785}}$$

Il collettore deve essere sempre munito di una tasca di raccolta in un lato o in ambo i lati, se molto lungo, per la raccolta della condensa che sarà poi evacuata da un adeguato Scaricatore di condensa rigorosamente del tipo meccanico (Galleggiante o Secchiello rovesciato)

Per comodità diamo di seguito le sezioni di alcune tubazione:

Ø Tubazione	Diametro Nomin. DN	Ø Esterno mm.	Ø Interno mm.	Sezione Area interna cm^2
½"	15	21,3	18,6	2,19
¾"	20	26,9	22,2	3,91
1"	25	33,7	27,9	6,11
1 1/4"	32	42,4	36,6	10,50
1 1/2"	40	48,3	42,5	14,20
2"	50	60,3	53,8	22,80
2 1/2"	65	76,1	69,6	38,20
3"	80	88,9	81,6	52,40
4"	100	114,3	106,2	88,70
5"	125	139,7	129,9	134,00
6"	150	165,0	155,2	197,00
8"	200	216,0	204,0	343,00
10"	250	267,0	254,0	508,00

Esempio di calcolo di un collettore di distribuzione vapore:

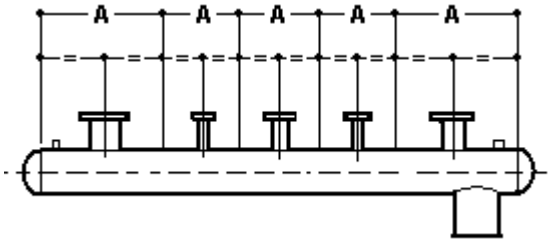


Entrata: N°1 Tubazione da 4"
Uscita: N°1 Tubazione da 1"
N°1 Tubazione da 2"
N°1 Tubazione da 1"
N°1 Tubazione da 3"

Effettuare la somma delle sole sezioni in uscita
6,11+22,80+6,11+52,40+50% = 131,13 cm^2

$$D(cm) = \sqrt{\frac{131{,}13}{0{,}785}} = 12{,}93\ cm = 129{,}3\ mm$$

Viene scelto un diametro uguale o immediatamente superiore a quello corrispondente al Ø esterno della tabella.
Nel nostro caso si dovrà realizzare il collettore con un diametro esterno da 139,7 mm corrispondente a un 5".

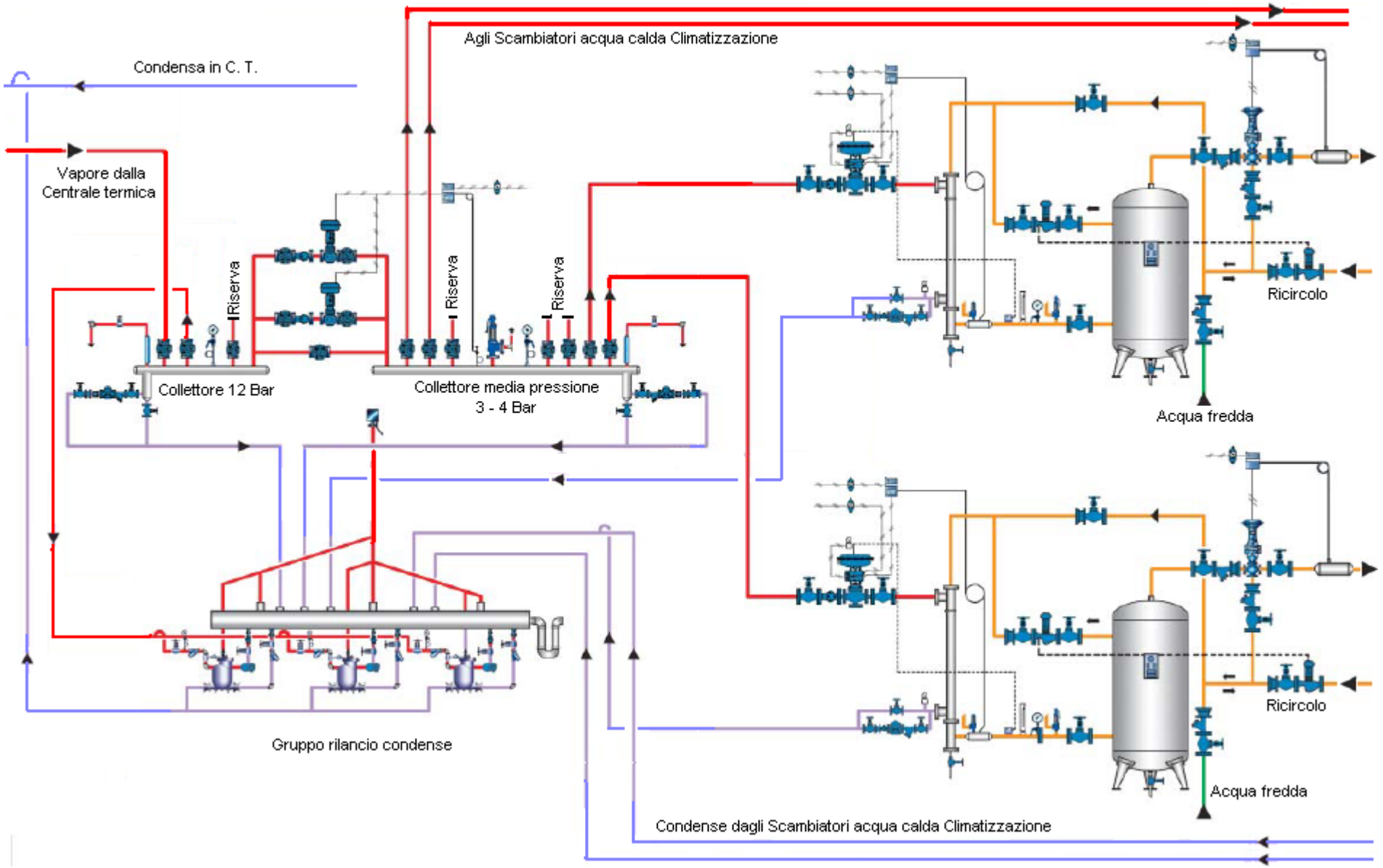


Orientativamente per determinare la lunghezza dei collettori considerare le seguenti distanze tra gli attacchi in funzione del diametro:

Attacco DN	15	20	25	32	40	50	65
A mm.	220	220	220	240	300	300	340
Attacco DN	80	100	125	150	200	250	300
A mm.	400	450	470	500	650	680	750

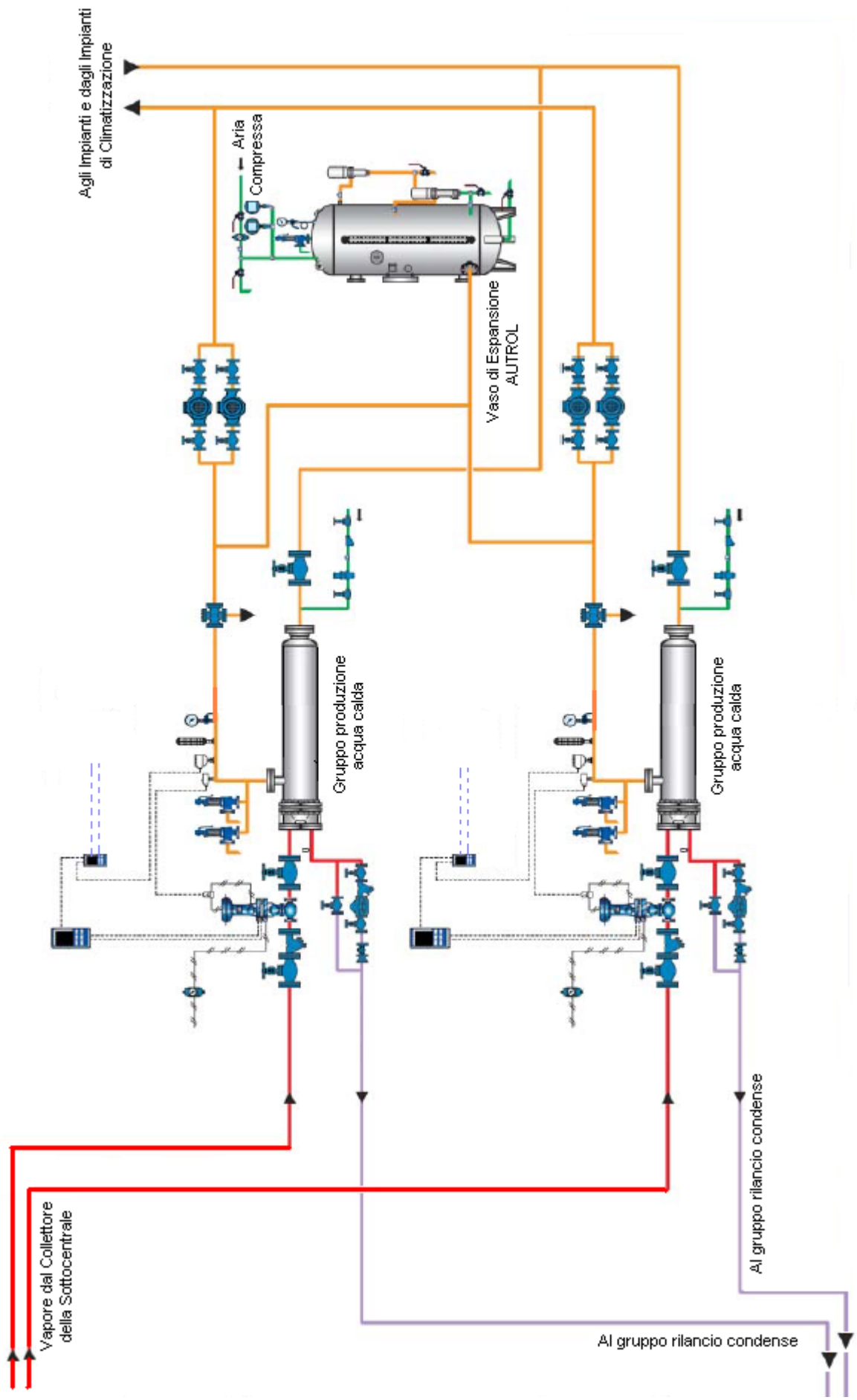
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

SOTTOCENTRALE PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA



© Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

SOTTOCENTRALE PRODUZIONE ACQUA CALDA CLIMATIZZAZIONE


Agli Impianti e dagli Impianti di Climatizzazione
Aria Compressa
Vaso di Espansione AUTROL
Gruppo produzione acqua calda
Gruppo produzione acqua calda
Vapore dal Collettore della Sottocentrale
Al gruppo rilancio condense
Al gruppo rilancio condense

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

SOTTOCENTRALE PER PRODUZIONE ACQUA CALDA PER IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE E PER ACQUA CALDA SANITARIA

Premesso che il numero delle sottocentrali è in funzione delle dimensioni dell'Ospedale e della tipologia della costruzione. Ora prendiamo in esame una sottocentrale tipo con tutti i suoi componenti per un corretto funzionamento sempre nel rispetto delle normative vigenti.

Collettore di arrivo Vapore dalla centrale termica alla pressione di produzione dei Generatori di Vapore, dimensionato e realizzato come sopra descritto. Munito di tutti gli accessori: valvole d'intercettazione, manometro, eliminatore automatico di aria, gruppo drenaggio condensa, per assolvere con efficacia alle funzioni preposte.

Gruppi di Riduzione della pressione Vapore almeno due uno di riserva all'altro per assicurare l'erogazione del vapore anche in caso di manutenzione e/o anomalie, per ridurre la pressione del vapore a valori minimi indispensabili per tre ragioni fondamentali:

1) Miglioramento della qualità del vapore dovuta alla rievaporazione dell'umidità attraverso la valvola di riduzione
2) Aumento del calore di vaporiz. del vapore perché inversamente proporzionale alla pressione, quindi minor consumo
3) Migliore controllo della temperatura del fluidi secondario (acqua nel nostro caso) che sarà distribuita all'impianto di climatizzazione ad una temperatura massima di 85°C.

Nel caso in questione è consigliabile ridurre la pressione del vapore ad un massimo di 5 Bar g in modo che il calore di vaporizzazione del Vapore sia di circa 500 kcal/h.

Il vapore a pressione ridotta sarà convogliato in un **secondo collettore** che ha lo scopo di distribuirlo alle varie utenze della sottocentrale costituite da:

- Scambiatori di calore a fascio tubero ad "U" per la produzione di acqua calda a 85°C a circuito chiuso per gli impianti di climatizzazione
- Scambiatori di calore a fascio tubero con tubo corrugato completamente in acciaio inossidabile per la produzione di acqua calda sanitaria.

Gruppo produzione acqua calda a circuito chiuso per gli impianti di climatizzazione.

Anche in questo caso sono necessari almeno due gruppi ridondanti per assicurare l'erogazione di acqua calda 24/24 ore anche in caso di anomalie e/o manutenzione. Ogni gruppo è costituito da Scambiatore di calore a fascio tubero ad "U" **Serie UP** della Spirax Sarco, alimentato con vapore per produrre acqua a circa 85°C per l'alimentazione di batterie di riscaldamento e di post riscaldamento dell'unità di trattamento aria, dei fan-coils e dei radiatori. Ogni scambiatore deve essere dotato di sicurezze e protezioni come previsto dalla Raccolta "R" D.M. 1/12/1975 e successive modifiche, costituite da:

- Valvola di regolazione e blocco del vapore
- Termostato di regolazione e di blocco a riarmo manuale.
- N° 1 Valvola o da suddividere in almeno N° 2 Valvole di sicurezza ove la potenzialità di cad. scambiatore superi le 500.000 kcal/h (580 kw)
- Termometro con scala 0 – 120°C
- Manometro con fondo scala di 1,5 ÷ 2 volte la pressione massima di esercizio dell'impianto.

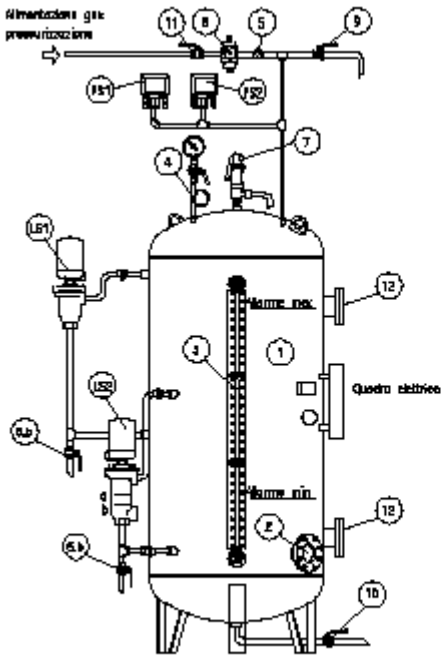
Visto che sono almeno due gruppi di produzione acqua calda (uno di riserva all'altro) è necessario installare sulla tubazione di mandata acqua calda all'uscita dello scambiatore e prima del collegamento con il vaso di espansione, una valvola manuale a tre vie che lo mette in comunicazione il vaso di espansione o con l'atmosfera. Per maggiori dettagli riferirsi allo schema allegato.

Sistema di espansione pressurizzato "AUTROL"

Esistono vari sistemi di espansione per circuiti di acqua calda e surriscaldata, ma i più comuni sono:

- A Pressione e Volume variabili, consigliabile per impianti dove il vaso di espansione non supera i 5000 litri. **(Fig. 5).**
- A Pressione costante e Volume variabile, consigliabile nei grandi impianti per limitarne le dimensioni. **(Fig. 6).**

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



1. Vaso di espansione AUTROL
2. Attacco al tubo di espansione
3. Indicatore di livello a riflessione
4. Manometro mod. D 100
5. Valvola ritegno
6. Valvole scarico acqua
7. Valvola di sicurezza
8. Filtro riduttore FR.../M
9. Valvola scarico gas
10. Valvola scarico acqua
11. Valvola intercett. alimentaz. gas
12. Apertura d'ispezione

LS1. Interruttore di livello mod. 5501/110/1 al max livello aziona allarme e blocca apporto di calore

LS2. Interruttore di livello mod. 5501/120/1 al min. livello aziona allarme e blocca apporto di calore

PS1. Pressostato di minima mod. C3-P a press. minim.aziona allarme e blocca apporto di calore

PS2. Pressostato di max mod. C3-P a press. max aziona allarme e blocca apporto di calore

Fig. 5 – Sistema di Espansione a pressione e volume variabili

Sistema di espansione a pressione e Volume variabili.

Esempio di calcolo del sistema di **fig. 5** per un impianto ad acqua calda:

Contenuto totale acqua impianto	Litri	10.000
Temperatura acqua calda	°C	85
Altezza statica Impianto	m.c.a.	25 (3,5 Bar a)
Pressione iniziale di calcolo **(P_i)**	Bar a	3,5 + O,3 = 3,8
Pressione finale di calcolo **(P_f)**	Bar a	5
Potenzialità Scambiatore Calore	Kcal/h	700.000
Pressione vapore alimentazione scambiatore	Bar g	5 (159°C)
Coefficiente di espansione acqua da 15 a 85°C		0,0282

$\mathbf{E}_{85°C}$ = 10.000 x 0,0282 = 282 Litri

$\mathbf{V}$ = E / 1 - (P_i / P_f) = 282 / 1 – (3,8 / 5) = 1.175 Litri

$\mathbf{V}_{GAS}$ = 1.175 – 282 = 893 Litri

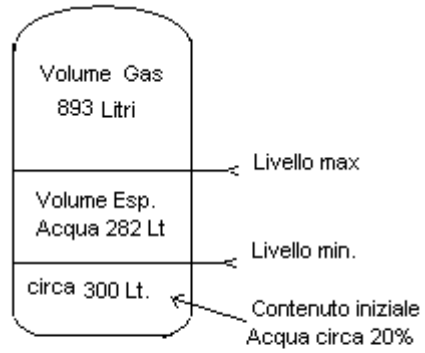
Ora è necessario verificare che il volume riservato al Gas di 893 Litri è sufficiente a contenere l'espansione dell'acqua surriscaldata corrispondente alla pressione di alimentazione del Vapore allo scambiatore che abbiamo considerato di 5 Bar g = 159°C

Calcolo di verifica:

$\mathbf{E}_{159°C}$ = 10.000 x 0,0960 = 960 Litri

960 – 282 = 678 Litri

678 < 893 quindi il Vaso di Espansione precedentemente calcolato è idoneo.



Totale Volume Vaso di 1.475 Litri

Si sceglie quindi un AUTROL da 1.500 Litri

Sistema di espansione a pressione Costante e Volume variabile.

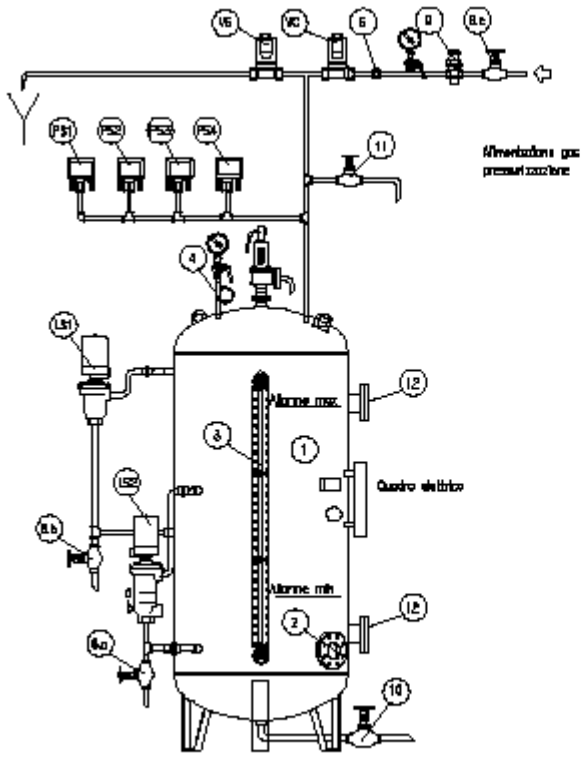
In questo caso il volume utile del vaso di espansione deve essere calcolato come per i vasi di espansione aperti:

$$V = Ci + (E \times Vi)$$

V = Volume vaso di Espansione
Ci = Contenuto iniziale del Vaso di Espansione
E = Coefficiente di espansione dell'acqua
Vi = Contenuto acqua dell'impianto

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Schema di **Fig. 6** di seguito rappresentata



1. Vaso di espansione AUTROL
2. Attacco al tubo di espansione
3. Indicatore di livello a riflessione
4. Manometro mod. D 100
5. Valvola ritegno
6. Valvole scarico acqua e intercettaz.
7. Valvola di sicurezza
9. Riduttore di pressione gas
10. Valvola di scarico serbatoio
11. Valvola intercett. gas
12. Apertura d'ispezione

LS1. Interruttore di livello mod. 5501/110/1
al max livello aziona allarme e blocca apporto di calore

LS2. Interruttore di livello mod. 5501/120/1
al min. livello aziona allarme e blocca apporto di calore

PS1. Pressostato di minima mod. C3-P
a press. minim.aziona allarme e blocca apporto di calore

PS2. Pressostato di max mod. C3-P
a press. max aziona allarme e blocca apporto di calore

PS3. Pressostato di immissione gas mod. C3-P
a pressione infer. apre la valvola VC

PS4. Pressostato di sfiato gas mod. C3-P
a pressionesuperiore apre la valvola VS

VC. Valvola a due vie on-off di immissione gas

VS. Valvola a due vie on-off disfiato gas

Fig. 6 – **Sistema di Espansione a sfiato di gas**

Gruppo produzione acqua calda per uso Igienico-Sanitario

Altro argomento molto importante da non sottovalutare è la produzione di acqua calda per uso igienico-sanitario soprattutto in seguito ad alcuni casi di infezione da legionella.

Per prevenire tali infezioni è importante partire da una corretta progettazione e esecuzione degli impianti di produzione e distribuzione dell'acqua calda per usi igienici con lo scopo di non permettere la colonizzazione e proliferazione di legionella. Tra i principali fattori di rischio sono:

- Formazione di Incrostazioni e depositi calcarei che offrono riparo alla legionella, in particolare all'interno degli scambiatori di calore ad accumulo.
- Rami morti di tubazioni ove si verificano fenomeni di ristagno di acqua
- Temperatura dell'acqua tra i 25 e 45°C
- Presenza di alghe e di sostanze biodegradabili nell'acqua in quanto forniscono nutrimento e protezione.

La Spirax-Sarco per la produzione di acqua calda consiglia l'utilizzo di scambiatori istantanei completamente in acciaio inox con ricircolo in serbatoi di accumulo anche essi in acciaio inox, di limitate dimensioni. La pompa di ricircolo deve avere una portata tale da mantenere all'interno dei tubi dello scambiatore ove circola l'acqua sanitaria, una elevata velocità per l'autopulizia evitando possibili incrostazioni.

Si consiglia inoltre di produrre acqua a circa 80°C e con un sistema di regolazione (valvola miscelatrice a tre vie) sarà inviata alle utenze dell'Ospedale alla temperatura di circa 48°C come previsto dalle normative e per evitare eventuali scottature ai pazienti. Il sistema deve essere realizzato come da schema precedente

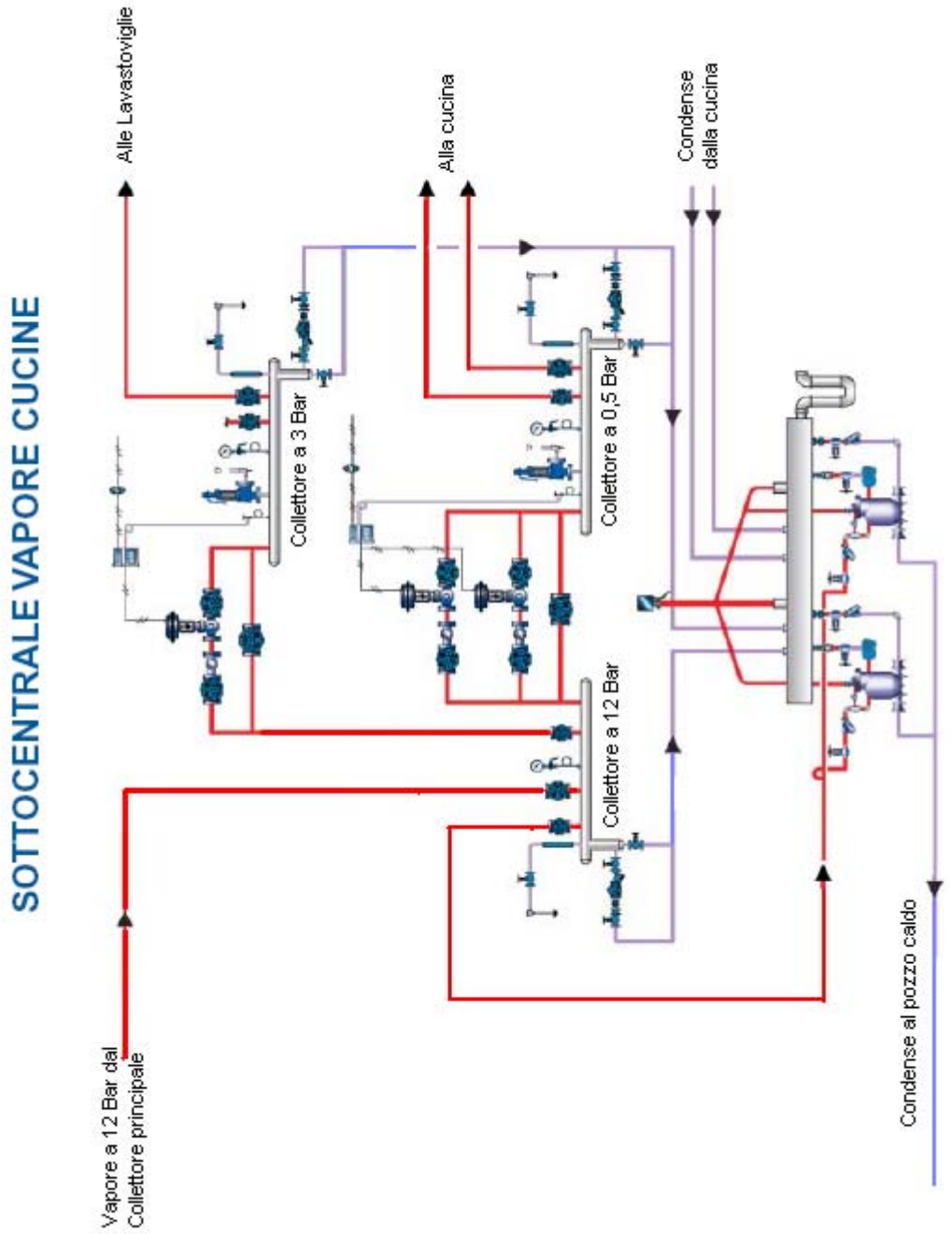
Diamo di seguito alcuni dati **indicativi** di consumi acqua igienico sanitaria necessaria negli Ospedali con 300 e oltre posti letto:

Fabbisogno per ogni posto letto = 8 litri/h a 48°C
Accumulo per ogni posto letto = 25 litri

Gruppo pompe di rilancio condense al pozzo caldo sito in Centrale Termica.

Costituito da un collettore a pressione atmosferica di capacità adeguata a contenere la condensa convogliata dalle utenze per la frazione di tempo che la pompa o le pompe di rilancio MFP 14 eseguono il ciclo di pompaggio. Il numero delle pompe e le loro dimensioni sono ovviamente in funzione delle massime portate contemporanee previste. E' comunque sempre buona norma prevedere almeno una pompa di riserva.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

SOTTOCENTRALE VAPORE DI DISTRIBUZIONE ALLE CUCINE

Sono ormai molti pochi gli Ospedali che gestiscono in proprio le cucine per la distribuzione dei pasti ai degenti, in moltissimi casi vengono preparati all'esterno da società specializzate.

Dove la preparazione dei pasti viene preparata all'interno degli Ospedali è necessario prevedere del vapore nelle seguenti quantità:

2 ÷ 2,5 kg/h di Vapore nell'ora di concentrazione dei pasti, per ogni degente.

Collettore di arrivo Vapore dalla centrale termica alla pressione di produzione dei Generatori di Vapore, dimensionato e realizzato come sopra descritto. Munito di tutti gli accessori: valvole d'intercettazione, manometro, eliminatore automatico di aria, gruppo drenaggio condensa, per assolvere con efficacia alle funzioni preposte.

Gruppi di Riduzione della pressione Vapore a 0,5 Bar per le Pentole di cottura, almeno due uno di riserva all'altro per assicurare l'erogazione del vapore anche in caso di manutenzione e/o anomalie.

Gruppo di Riduzione della pressione Vapore a 3 ÷ 5 Bar per le Lavastoviglie.

Eventuali collettori a basse pressioni per la distribuzione del Vapore alle utenze.

Gruppo pompe di rilancio condense al pozzo caldo sito in Centrale Termica.

Costituito da un collettore a pressione atmosferica di capacità adeguata a contenere la condensa convogliata dalle utenze per la frazione di tempo che la pompa o le pompe di rilancio MFP 14 eseguono il ciclo di pompaggio. Il numero delle pompe e le loro dimensioni sono ovviamente in funzione delle massime portate contemporanee previste. E' comunque sempre buona norma prevedere almeno una pompa di riserva.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

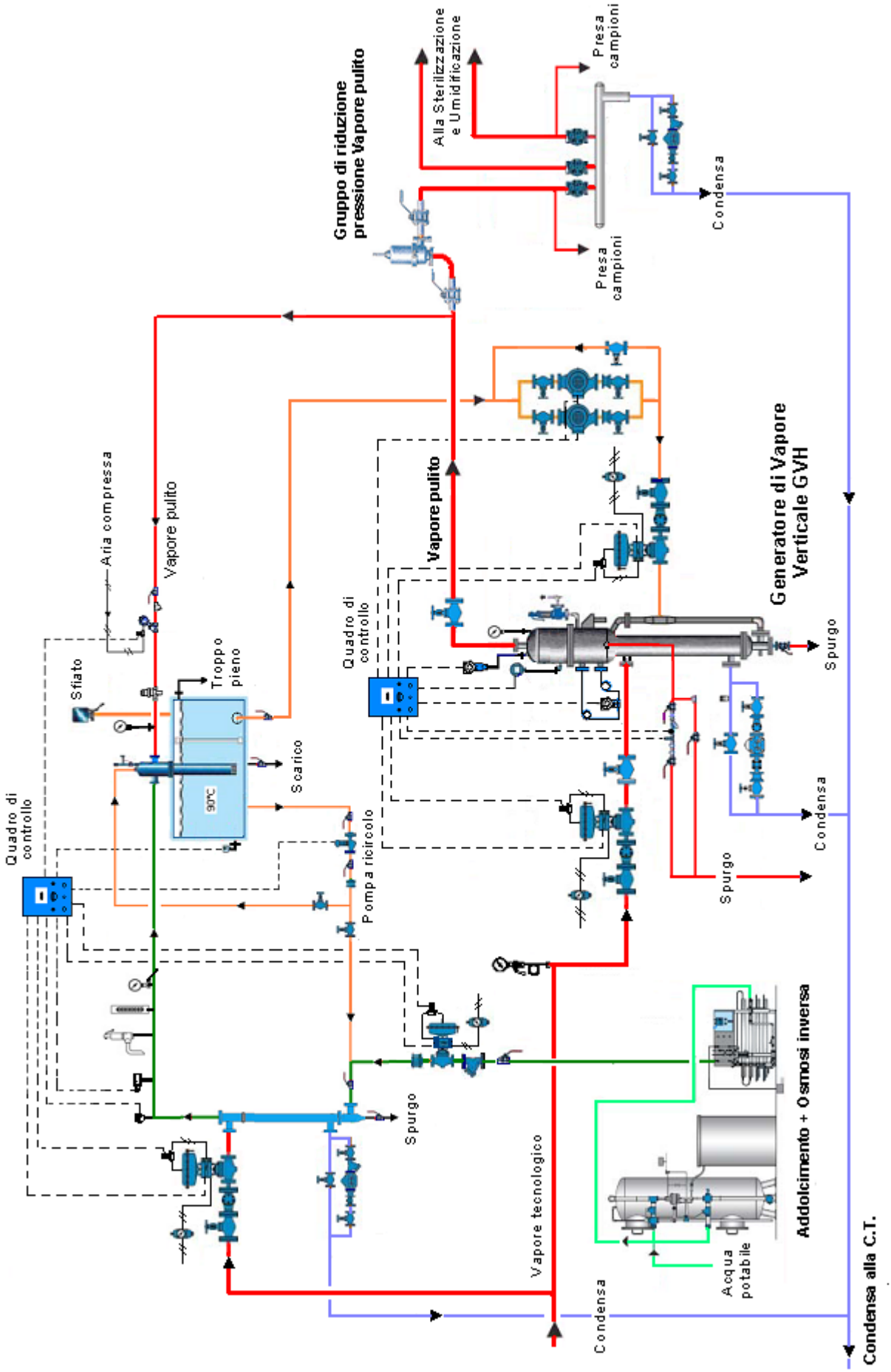
SOTTOCENTRALE PRODUZIONE VAPORE PULITO PER LA STERILIZZAZIONE E L'UMIDIFICAZIONE DELL'ARIA DI CLIMATIZZAZIONE

INDICE

Argomento	Pagina
Schema con Generatore Verticale	2
Schema con Generatore Orizzontale	3
Vapore Pulito (Introduzione)	**4**
Effetti collaterali nei pazienti	4
Importanza clinica	4
Generazione endotossine batteriche	5
Effetti avversi sui materiali	5
Prodotti vulnerabili alla contaminazione	5
Fonti di contaminazione	6
Fornitura di acqua dalla rete	6
Trattam. H_2O di aliment. Generatore	6
Sistema di distribuzione vapore	7
Requisiti per la qualità del vapore	7
Prodotti medicali	7
Dispositivi medicali	7
Qualità del vapore	8
Sicurezza e salute	8
Protezione della sterilizzatrice	8
Confronto tra vapore pulito e vapore secondo EN 285	8
Monitoraggio	9
Vapore pulito nella pratica quotidiana Ospedaliera	**10**
Cosa è il vapore	10
Requisiti del vapore pulito	10
Generatore di vapore pulito dedicato	11
Sistema di trattamento acqua di alimento	12
Generatore di vapore pulito	13
Materiali e finiture	13
Eccessiva umidità	14
Secchezza per la sterilizzazione	14
Surriscaldamento	14
Sistema di distribuzione	15
Vapore pulito per l'umidificazione dell'aria di climatizzazione	**16**
Processo di validazione qualità del vapore	**19**
Dove prelevare i campioni	19
Numero punti di campionamento	19
Validazione e test periodici	19
Test di validazione	19
Campionamento ed analisi	**19**
Metodo	20
Misura in campo della conducibilità	20
Misura gas non condensabili	21
Misura secchezza vapore	21
Misura del surriscaldamento	21
Campionamento per analisi di laboratorio	22
Apparato e metodo	22
Trattamento campioni per analisi di laboratorio	23
Conservazione dei campioni	23
Analisi da effettuare sui campioni	24
Registrazione dei risultati	24
Metodi vari	24
Osservazione sui test	24
Residui di evaporazione	24
Analisi di laboratorio	25
Test su vari contaminanti	26
Conducibilità elettrica	27
Pirogeni	27
Sistemi di controllo avanzato a supporto della qualità del vapore	**28**
Normativa e regolamentazione	28
Il controllo del vapore	28
Controllo sulla composizione chimica delle particelle trascinate	29
Controllo sulla quantità di particelle trascinate	32
Separabilità delle particelle trascinate	36
Sistema di regolazione per il controllo del trascinato	38
Conclusioni	40
Glossario dei termini usati	**42**

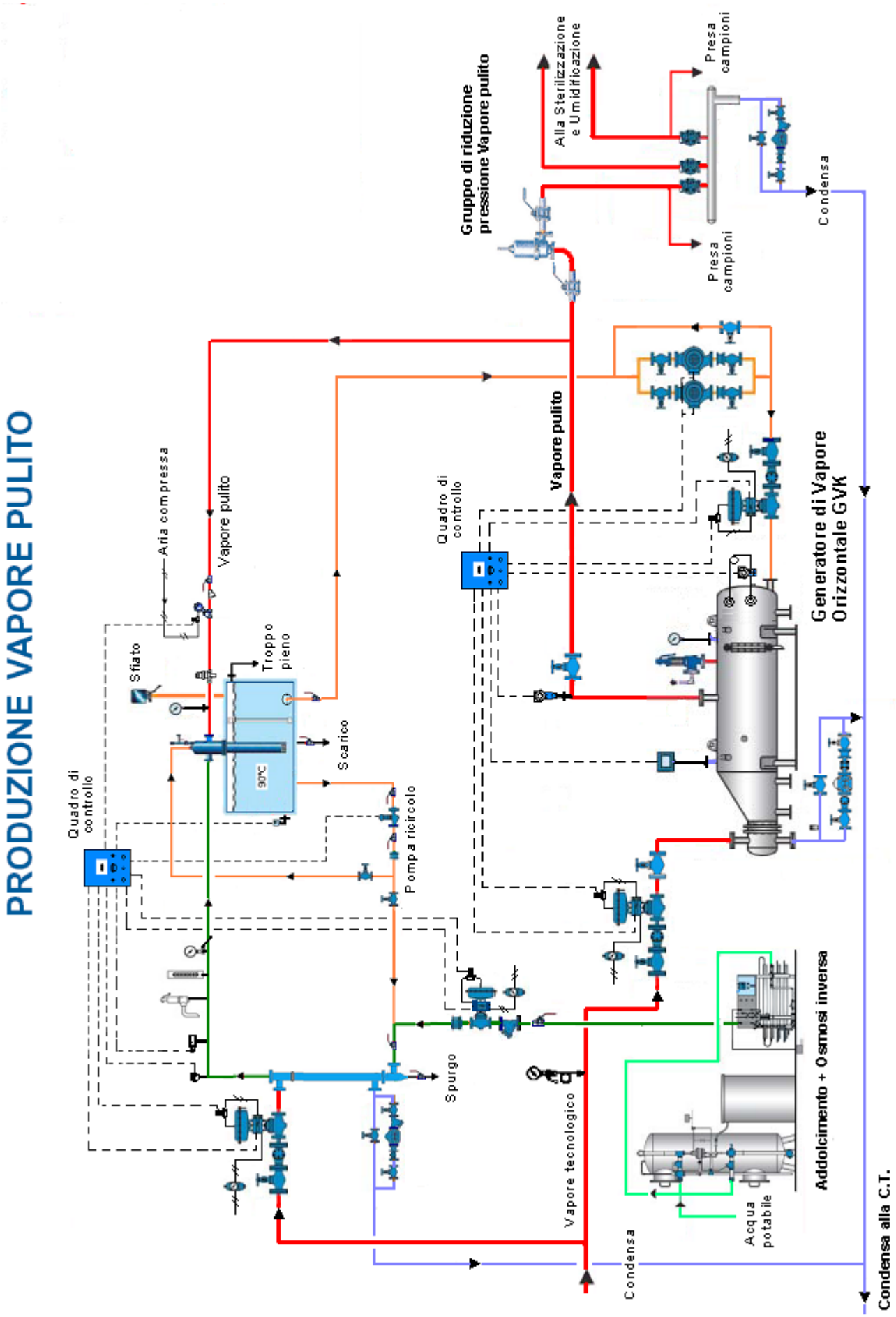
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

PRODUZIONE VAPORE PULITO



 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

PRODUZIONE VAPORE PULITO



 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

VAPORE PULITO PER LA STERILIZZAZIONE E PER L'UMIDIFICAZIONE DELL'ARIA DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Ancora oggi nella stragrande maggioranza degli Ospedali esistono impianti di produzione e distribuzione del vapore per la sterilizzazione e per l'umidificazione dell'aria di climatizzazione (in particolare per il Centro di Sterilizzazione e le Sale Operatorie) non adeguati all'uso preposto anche se in assenza di precise normative che riguardano la produzione e la distribuzione del vapore, ma contrarie alle più elementari norme igienico sanitarie con serie conseguenze sui pazienti.

Gli ultimi anni hanno visto però una crescente consapevolezza del bisogno di migliorare la qualità del vapore utilizzato negli ospedali, incentivata in parte dai requisiti e dalle leggi che regolano i prodotti medicinali e i dispositivi medici, ma anche dalla crescente premura riguardante gli effetti negativi che anche piccole quantità di contaminanti possono avere sui pazienti. La Spirax Sarco, con la volontà di contribuire al controllo dell'integrità dei prodotti utilizzati in ambito ospedaliero e da sempre molto sensibile alle specifiche necessità del settore, intende dare un contributo, con la presente specifica, alla definizione della qualità del vapore, al suo controllo continuo ed alla sua gestione. Il vapore di qualità è necessario in varie applicazioni ospedaliere come la sterilizzazione, l'umidificazione, condizionamento, disinfezione, etc. In questa Specifica ci riferiremo in particolare al processo di sterilizzazione, ma le conclusioni valgono anche per altre applicazioni.

Prima di introdurre concetti riguardanti il vapore è utile considerare gli effetti collaterali che alcune sostanze possono avere sui pazienti, sulle attrezzature, sulle sterilizzatrici, sui prodotti da sterilizzare, etc. identificando tutto ciò che, più verosimilmente, è suscettibile di contaminazione e passando in rassegna come i vari contaminanti possono essere presenti nel vapore.

Effetti collaterali nei pazienti

Anche piccole quantità di sostanze indesiderate possono essere potenzialmente nocive per i pazienti. Questo pericolo sorge perché alcuni prodotti medicinali o dispositivi medici possono introdurre sostanze contaminanti direttamente in parti del corpo che sono normalmente protette dalla cute o da membrane di mucosa. Un'acqua ritenuta sicura per bere, ad esempio, non può essere ritenuta altrettanto sicura se iniettata nel sangue. I pazienti sono particolarmente vulnerabili ai contaminanti portati da strumenti sterili perché, alcuni di tali contaminanti a basse dosi, altri per accumulo, possono rimuovere le normali difese dell'organismo. Diversi contaminanti provocano effetti collaterali sui pazienti:

Metalli. Molti di questi sono tossici (molti quando accumulati diventano veleni) e perciò la loro presenza è indesiderabile. Metalli di particolare preoccupazione sono cadmio, piombo, mercurio e altri metalli pesanti.

Materiali in forma di particelle. Particelle solide possono provocare vari tipi di effetti collaterali se iniettate nell'organismo.

Composti organici. Molti di questi sono biologicamente attivi e quindi indesiderabili. I principali composti che ci interessano sono le ammine stratificate ed altri composti chimici che possono essere usati nei trattamenti dell'acqua di Caldaia.

Micro - organismi. Organismi che interessano comprendono tutti i microrganismi e, in particolare i patogeni e tutti i batteri Gram-negativi che sono fonti di pirogeni.

Pirogeni. Le endotossine batteriche sono un gruppo di composti, derivati in predominanza da batteri Gram-negativi, i quali danno origine a rialzo termico (febbre) se iniettati nel corpo umano o di altri mammiferi. I composti che possono causare questa reazione, quando iniettati, sono conosciuti come pirogeni. Le endotossine batteriche non sono l'unico composto pirogenico, ma sono di gran lunga le più comuni ed hanno anche grande importanza nella preparazione di prodotti sterili. I pirogeni sono di particolare preoccupazione perché, a differenza di altri contaminanti, non ci sono controlli sui loro livelli nelle forniture di acqua della rete dalla quale è generato il vapore. Inoltre, essi sono estremamente resistenti al calore ed è possibile distruggerli solo dopo una esposizione prolungata ad alte temperature (3 ore a 180°C o 30 minuti a 250°C). Nessun processo di sterilizzazione usato abitualmente per la preparazione di dispositivi medici e farmaceutici o strumenti chirurgici distruggerà o rimuoverà le endotossine una volta che esse siano presenti. L'unico metodo di controllo, dunque, è quello di prevenire la crescita in numero significativo di batteri Gram-negativi all'interno del prodotto o in qualsiasi componente o materiale che viene direttamente a contatto con esso. Il controllo dei pirogeni diventa quindi una priorità per la sterilizzazione a vapore. La maggioranza delle endotossine batteriche che causano una reazione pirogenica sono lipo-polisaccaridi (LPS) derivanti dalla membrana esterna dei batteri Gram-negativi.

Importanza clinica

In piccole dosi, l'iniezione di endotossine causa piressia (febbre), provvisoria leucopenia seguita da leucocitosi, iperglicemia, necrosi emorragica, aborto, resistenza alterata all'infezione batterica, diversi disturbi circolatori e iperreattività alle droghe adrenergiche. Quando iniettate in quantità maggiori, le endotossine causano shock, normalmente accompagnato da diarrea; l'assorbimento di endotossine è la causa maggiore di irreversibilità nello shock emorragico. Le endotossine sono generalmente note per svolgere un importante ruolo nelle alterazioni vascolari, metaboliche, pirogeniche ed ematologiche che avvengono nelle gravi infezioni Gram-negative, ma l'evidenza è indiretta visto che, diversamente da molte esotossine batteriche, non è disponibile un anticorpo protettivo specifico.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

L'iniezione sottocutanea in quantità di microgrammi di endotossine produce una reazione infiammatoria moderata ma, quando l'iniezione è ripetuta con la stessa od una differente endotossina, 24 ore più tardi, la zona precedentemente iniettata diventa emorragica in poche ore. Questa reazione (reazione Shwartzman) è accentuata dalla presenza di cortisone. Un programma simile di iniezioni, somministrato per via endovenosa ai conigli, causa la necrosi corticale bilaterale dei reni e la morte.
Molti dispositivi medici sterili sono destinati all'uso su ferite dove l'epidermide può essere stata tagliata. Perciò il prodotto sterile può venire a diretto contatto con il sistema vascolare e, la presenza di endotossine, può causare una reazione pirogenica.

Generazione di endotossine batteriche
Le endotossine si generano, quasi senza eccezione, dalla parete cellulare di batteri Gram-negativi. Questa è presente sia sulla superficie di batteri viventi, sia come frammenti persistenti di batteri morti. Come è stato notato in precedenza, le endotossine sono termicamente molto stabili. Non soltanto qualsiasi specie di batteri Gram-negativi dà origine alle endotossine, ma anche altri organismi, come lo Streptococco ß emolitico, la cui parete cellulare peptidoglica produce la stessa reazione delle endotossine derivate dai batteri Gram-negativi.

Riassumendo i punti chiave:

a. Molti pirogeni sono endotossine batteriche
b. Le endotossine sono lipopolisaccaridi formati dalle cellule di batteri Gram-negativi
c. Le endotossine sono molecole molto stabili e non sono distrutte da normale processo di sterilizzazione
d. Il 90% dei batteri che crescono in acque purificate sono Gram-negativi
e. Le endotossine sono importanti e dannose anche per i dispositivi medici, le attrezzature chirurgiche e le attrezzature usate per preparare prodotti medicali parenterali.

Il vapore condensato che rientra in un limite di endotossine <0,25EU/ml, può essere considerato libero da pirogeni.

Effetti avversi sui materiali Analogamente agli ovvi rischi sui pazienti, i contaminanti nel vapore possono avere effetti dannosi sui materiali del sistema di generazione, sui prodotti di carico della sterilizzatrice, etc..
Contaminanti reattivi nel vapore possono causare corrosione o anche compromettere la longevità o la funzione del prodotto. Possono avvenire delle reazioni quando i contaminanti interagiscono direttamente con il prodotto, o indirettamente con i materiali che verranno successivamente a contatto con il prodotto sterilizzato.
Il vapore inoltre viene a diretto contatto con le superfici interne della sterilizzatrice e con l'annessa attrezzatura e strumentazione. I contaminanti all'interno del vapore possono reagire con i materiali di costruzione e causare la corrosione dell'attrezzatura o altrimenti comprometterne la longevità o le funzioni.
La reazione del vapore con le superfici a contatto è causata dal suo pH. In generale, vapore con un pH basso (acido), reagirà con i metalli e li dissolverà. Un pH approssimativamente pari a 7 (neutro) è ideale, e la deviazione verso l'alcalino (pH 8) è accettabile, purché sia entro valori contenuti.
Contaminanti di particolare interesse comprendono:
Metalli alcalini: causano "durezza"
che può portare alla costituzione di depositi di calcio e magnesio
(carbonati) sugli accessori di caricamento, nella camera della sterilizzatrice e nel sistema di generazione nonché nelle tubazioni. Molti problemi sono causati dal calcio e dal magnesio e, in minore misura, dallo stronzio.
Il **Ferro:** sia in forma metallica che in forma ionica, è corrosivo per l'acciaio inossidabile.
Il **Cloruro:** in presenza di ossigeno porta alla foratura, alla corrosione e
(in minore misura) alla formazione di fessure nell'acciaio inossidabile. Gli effetti possono essere controllati limitando la quantità di ossigeno disciolto nell'acqua di alimentazione.
I **Fosfati** ed i **Silicati** contribuiscono a concentrare ioni di cloruro e perciò favoriscono il loro effetto corrosivo.
Chiaramente i materiali usati per la costruzione degli accessori di caricamento e della sterilizzatrice stessa determineranno in ogni caso quali contaminanti sono di maggiore importanza: la EN 285, Standard Europeo sulle sterilizzatrici a caricamento poroso, offre una guida sui materiali di costruzione adatti per ogni sterilizzatrice a vapore.
I sistemi di campionamento del vapore devono anch'essi essere costruiti con materiali che non reagiscano con il campione prelevato e che non lo contaminino.

Prodotti vulnerabili alla contaminazione
Qualsiasi prodotto può venire contaminato quando il vapore fornito ne viene a diretto contatto. I contaminanti che sono nel vapore si depositano sul prodotto non appena il vapore condensa durante la fase di riscaldamento. L'ammontare della condensazione del vapore, e dunque l'ammontare dei contaminanti depositati, è proporzionale alla sua massa ed alla capacità termica del prodotto che a sua volta è proporzionale alla sua massa ed al calore specifico del materiale di costruzione. Un accessorio di metallo massiccio riceverà dunque molta più contaminazione di un accessorio di plastica leggera della stessa misura e forma, riscaldato alla stessa temperatura. La quantità di contaminazione che resta alla fine del ciclo, comunque, dipenderà da quanto condensato è trattenuto sulla superficie del prodotto. Dove il condensato può defluire liberamente dagli articoli non confezionati, una piccola frazione di contaminanti depositati sarà contenuta in un sottile strato di acqua e la somma totale restante quando lo strato evapora sarà proporzionale alla superficie esposta

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

dell'accessorio. Dove il condensato è raccolto in cavità o trattenuto nella confezione vicino alla superficie, la somma della contaminazione trattenuta sarà proporzionalmente più grande. Entro un certo limite, i materiali da confezione utilizzati nei processi a vapore (eccetto i fluidi in recipienti sigillati) hanno una funzione filtrante che protegge dalla contaminazione. Le particelle sono normalmente trattenute nell'involucro esterno (dando origine all'appannamento dell'involucro) ma le piccole particelle e tutte le molecole passeranno con il vapore e saranno trasferite sul prodotto non appena il vapore si condenserà su di esso. Se questa contaminazione ha qualche effetto collaterale dipende dalla natura e dall'uso del prodotto.

Prodotti vulnerabili sono:

a. Quelli che potrebbero permettere un trasferimento diretto di contaminanti nei pazienti, tra cui:
   (i) prodotti medicinali
   (ii) merci porose come abbigliamento o tamponi
   (iii) strumenti ed utensili chirurgici
b. quelli che potrebbero permettere un trasferimento indiretto di contaminanti nei pazienti, come le attrezzature usate nell'industria farmaceutica
c. quelli che potrebbero essere danneggiati o resi inattivi dalla presenza di uno o più possibili contaminanti. Questi comprendono:
   (i) determinati prodotti medicinali
   (ii) prodotti di laboratorio per uso diagnostico in vitro
   (iii) varie attrezzature usate nella produzione di dispositivi farmaceutici e medici che non vengono sterilizzati prima dell'uso

È importante che prima della sterilizzazione questi accessori non siano infettati da contaminanti che potrebbero essere trasferiti al prodotto confezionato, anche se questo è alla fine sterilizzato o prodotto asetticamente. Alcune delle attrezzature comprendono recipienti di mescolamento, teste riempitrici, filtri di sterilizzazione, condotti e tubazioni, raccordi e così via.

Fonti di contaminazione

I contaminanti trasferiti alle sterilizzatrici dal vapore possono essere originati da un certo numero di cause:

- contaminanti presenti nella fornitura di acqua della rete dalla quale è generato il vapore;
- contaminanti generati dal trattamento dell'acqua di alimentazione della caldaia;
- contaminanti generati nel sistema di distribuzione che porta vapore alla sterilizzatrice.

Fornitura di acqua dalla rete.

Mentre la qualità delle forniture di acqua dalla rete varia considerevolmente di luogo in luogo, si può fare normalmente affidamento su di essa per rispettare i minimi standard esposti nelle disposizioni sulla Fornitura dell'Acqua. Queste specificano i limiti per una vasta gamma di impurità, compresi i minerali disciolti, i composti organici ed i microrganismi. Non ci sono controlli, comunque, sulla quantità dei gas atmosferici disciolti nelle acque di rete, tutti presenti in piccole e variabili quantità. L'aria è il primo gas non condensabile che può ostacolare la sterilizzazione con vapore, ed il biossido di carbonio e l'ossigeno sono importanti cause della corrosione nelle caldaie.

Mentre l'acqua di rete contiene un trascurabile numero di patogeni e di contaminanti fecali (come il colibacillo), essa può contenere un basso numero di altri microrganismi. Molti acquedotti usano la clorina come mezzo di controllo microbiologico. L'effetto disinfettante della clorina può, ad ogni modo, disperdersi nel tempo impiegato dall'acqua per raggiungere il punto di utilizzo.

L'acqua della rete idrica, che viene successivamente raccolta in serbatoi di immagazzinamento prima dell'uso, può avere significativamente più contaminanti dell'acqua di origine. Sebbene i batteri tendano a depositarsi sul fondo dei serbatoi, durante gli immagazzinamenti prolungati, lo spostamento intervallato dell'acqua ne mantiene la galleggiabilità, e può far sì che crescano rapidamente. In particolare nei mesi estivi, potrebbero essere raggiunte quantità oltre 100 unità per ogni millilitro. Ciò è di particolare preoccupazione per la sterilizzazione, in quanto il 98% dei batteri trovati nelle forniture di acqua sono batteri Gram-negativi che, come si è detto, sono la fonte predominante dei pirogeni.

Va aggiunto che non viene richiesto da nessuna normativa di controllare il livello di pirogeni nelle acque della rete pubblica.

I sistemi di addolcimento, rimuovono gli ioni di calcio e di magnesio dall'acqua e li sostituiscono con ioni di sodio. I livelli di sodio verranno aumentati, quindi, nelle acque trattate con questo metodo. L'uso di acqua salata per rigenerare le resine scambiatrici può temporaneamente aumentare il livello del cloruro.

La crescita batterica può avvenire sia nell'impianto di addolcimento dell'acqua che di deionizzazione o di trattamento ad osmosi inversa, a meno che le procedure operative e di manutenzione previste non siano strettamente osservate. Mentre i batteri non sopravvivranno durante il processo di generazione del vapore, i pirogeni che essi producono possono essere trasferiti.

Qualsiasi elemento chimico aggiunto all'acqua della caldaia può essere traspor tato nel vapore come contaminante attraverso le goccioline d'acqua trascinate dal vapore durante il processo di evaporazione, o come componenti volatili presenti sotto forma di gas. Le ammine stratificate (come l'idrazina), comunemente usate per proteggere le tubazioni delle linee di ritorno del condensato, sono tossiche e non dovrebbero essere usate dove il vapore serve per la sterilizzazione.

Trattamento dell'acqua di alimentazione del Generatore Ulteriori contaminanti possono essere introdotti deliberatamente o inavvertitamente come risultato dei trattamenti applicati alle acque della rete, prima che esse

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

siano usate come acqua di alimentazione per la caldaia.
I trattamenti di dealcalinizzazione possono far elevare i livelli dei gas disciolti ed in particolare dell' ossido di carbonio.

Sistema di distribuzione del vapore
Il vapore è chimicamente aggressivo e, quanto più è puro, tanto più è reattivo. La reazione con le tubazioni e le valvole, può portare alla contaminazione del vapore con prodotti di corrosione come la magnetite
(Fe_3O_4). Spesso, nella forma di sottili particelle, questi prodotti non sono prontamente rimossi dai filtri normalmente installati nei sistemi a vapore. Chi ha utilizzato i vecchi impianti ha occasionalmente notato una colorazione nera o rosso-bruna delle confezioni sottoposte a sterilizzazione, causata da particelle di magnetite trascinate dalle pareti delle tubazioni.
L'idrogeno liberato dalla formazione di magnetite (400 ml per ogni grammo di ferro) può contribuire considerevolmente all'ammontare dei gas non condensabili presenti nel vapore fornito, specialmente negli impianti con tubazioni molto lunghe. La contaminazione, inoltre, può avvenire nei punti dove l'acqua può ristagnare, come diramazioni di tubazioni inutilizzate, misuratori e scaricatori con cattiva manutenzione. L'acqua stagnante può formare ruggine, la quale può essere trascinata nel vapore in forma di particelle e può causare l'aumento di batteri, con formazione di placche biologiche che quando cominciano a staccarsi, possono periodicamente generare alti livelli di contaminazione.

Requisiti per la qualità del vapore
Da quanto detto deriva l'assoluta necessità di definire e controllare il livello di qualità del vapore raccomandato all'interno degli ospedali per quelle applicazioni dove lo stesso venga a contatto direttamente o indirettamente con i pazienti. Nell'ambito dei processi di sterilizzazione la richiesta di una più alta qualità del vapore è nata, principalmente, per soddisfare i requisiti delle normative riguardanti la produzione di prodotti medicali e, più recentemente, di dispositivi medici sterili. In entrambi i casi c'è un chiaro principio secondo il quale i prodotti, durante la sterilizzazione, o in qualsiasi altro stadio del processo non devono essere inquinati con componenti indesiderati o non specificati. Questo obbiettivo può essere raggiunto se le proprietà fisiche, chimiche e biologiche del vapore che viene a contatto con il prodotto sono conosciute e controllate.

Prodotti medicali
L'allegato 1 alle "Normative sui prodotti medicali della Comunità Europea, Volume IV: Norme per una buona fabbricazione di prodotti medicali", dichiara: "Bisogna fare attenzione nel garantire che il vapore usato per la sterilizzazione sia di qualità idonea e non contenga additivi ad un livello che potrebbe causare contaminazione di prodotti o di attrezzature".
La qualità del vapore non deve essere molto alta se il prodotto non viene a diretto contatto con il vapore. Questo è il caso di prodotti acquosi trattati in sterilizzatrici per fluidi, una volta stabilito che la sigillatura della confezione sia stata verificata ed abbia mostrato di avere un ridotto rischio di rottura, e che contenitori difettosi possano essere prontamente identificati e rimossi. Comunque, questa assicurazione normalmente richiede un livello di prova e di monitoraggio dei contenitori, che potrebbe non essere giustificato nei piccoli centri ospedalieri. Potrebbe essere più proficuo assicurarsi che il vapore sia di qualità sufficiente da garantire che un eventuale difetto, dalla chiusura del contenitore, non abbia effetti negativi sul prodotto.

Dispositivi medicali
La Direttiva sui Dispositivi Medicali, elenca un numero di "requisiti essenziali" per la fabbricazione dei dispositivi e richiede che i dispositivi siano "progettati, fabbricati ed imballati in maniera tale da minimizzare il rischio rappresentato da contaminanti e sostanze residue per le persone coinvolte nel trasporto, immagazzinamento ed uso dei dispositivi e per i pazienti, tenendo conto degli scopi prefissati per il prodotto". La prescrizione ha chiare implicazioni per la qualità del vapore usato nei processi di sterilizzazione. La Direttiva Europea EN 554 definisce uno standard di convalidazione e di monitoraggio della sterilizzazione a calore umido e richiede che la "purezza dell'ambiente sterilizzato in contatto con i dispositivi medici, non deve intaccare la sicurezza del prodotto". Praticamente, siccome in tutti i processi di sterilizzazione a vapore il dispositivo medicale viene a diretto contatto con il vapore, ne consegue che la qualità del vapore deve essere conosciuta e controllata. La qualità del vapore interessa anche le sterilizzatrici ad ossido di etilene, nelle quali il vapore è utilizzato per l'umidificazione e dunque, ancora, viene a diretto contatto con i dispositivi medicali.
La normativa europea EN 285 definisce i requisiti di base per assicurarsi che il processo di sterilizzazione sia effettuato secondo le condizioni di calore umido, senza eccessiva umidità, e senza casuali e localizzati danni alle condizioni della sterilizzazione, dovuti ad eccessive quantità di gas non condensabili definendo i seguenti limiti:

a. il volume dei gas non condensabili non deve superare 3,5 ml per ogni 100 ml di acqua rimossa (questa non è equivalente ad una frazione pari al 3,5% del volume del vapore, come erroneamente affermato nell'EN 285 punto 13.3.2);
b. il surriscaldamento misurato nell'espansione del vapore alla pressione atmosferica non deve superare i 25°C, misurato con il metodo dato nella EN 285 par. 24.3.
c. Il valore di asciugamento non deve essere minore di 0,9 (o, se devono essere sottoposti al processo solo carichi di metallo, non minore di 0,95) quando è misurato con il metodo dato nella EN 285 par. 24.2.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Il vapore saturo, pulito e sostanzialmente libero dall'umidità e dai gas non condensabili, è lo standard minimo richiesto per tutti i processi di sterilizzazione.
I requisiti, comunque, dicono poco riguardo alla purezza del vapore. Dalla discussione sugli effetti negativi dei contaminanti, è evidente che diverse specifiche possono essere necessarie per ogni possibile applicazione e per ognuno dei processi di sterilizzazione disponibile. Idealmente si dovrebbe riesaminare la natura e l'uso previsto per il processo, insieme con qualsiasi vincolo imposto dal materiale del quale è composto il sistema di distribuzione e la sterilizzatrice, e selezionare una specifica appropriata alle particolari circostanze. Inoltre, per prodotti specifici, potrebbe essere necessario specificare i limiti di un particolare contaminante contenuto nel vapore. Alcune procedure potrebbero essere grossolanamente inapplicabili, comunque, per la vasta gamma di prodotti utilizzati negli ospedali.
Ad ogni modo, il vapore della purezza più alta possibile, che potrebbe essere adatto per tutte le applicazioni, è significativamente più costoso da produrre rispetto ad un vapore di uno standard più basso. Chimicamente, inoltre, il vapore puro è altamente corrosivo.
C'è quindi una evidente necessità di specificare una qualità del vapore che possa essere ottenuta con costi accettabili e che soddisfi i requisiti delle normative e delle necessità degli ospedali.

Qualità del vapore

Prima di definire la qualità del vapore può essere utile chiarire il concetto di vapore pulito. Il termine vapore pulito ha significato solo se si associa al suo utilizzo. Nei processi sensibili ospedalieri può essere definito come quel vapore il cui condensato soddisfa la specifica chimico-fisica definita nella tabella. Questa specifica è confrontata con quella dell'acqua potabile secondo il decreto legislativo del 2 febbraio 2001 e con quella del condensato del vapore, suggerito dalla normativa, EN 285.
Il vapore risponde a requisiti di qualità quando, in qualsiasi condizione di utilizzo, di carico e nel tempo risponde alla specifica di vapore pulito indicata nella tabella e venga monitorato in modo continuo

Sicurezza e salute

Piuttosto che fare dettagliate valutazioni delle implicazioni sulla salute e sicurezza di tutti i possibili contaminanti del vapore e determinare i livelli di sicurezza per ciascuno di essi, la specifica sopra riportata, colonna "Condensato da vapore pulito", è analoga alla specifica per acqua sterile. L'acqua sterile è stata usata in Italia, in tutta l'Europa ed altrove, per molti anni, come specifica base dell'acqua per preparazioni farmaceutiche da somministrare per via endovenosa. Il condensato di vapore che soddisfa questi requisiti può dunque essere considerato libero da contaminanti pericolosi.

Protezione della sterilizzatrice

La specifica dell'Acqua Sterilizzata, è richiesta per assicurare che l'acqua sia sicura e non metta a rischio la salute delle persone, ed è dunque considerata lo standard minimo per soddisfare le condizioni di salute e sicurezza. Essa però non riguarda gli effetti sui materiali, e quindi ulteriori specificazioni sono state aggiunte per ridurre i problemi di corrosione.
I livelli ai quali i fosfati ed i silicati cominciano a contribuire alla corrosione sono stati scarsamente compresi, ed è stato fatto un insufficiente lavoro sperimentale. I livelli della Tabella 1 sono stati perciò presi dalla specifica dell'EN 285 senza modifiche.
Il livello indicato del cloruro è considerato adeguato a limitare i suoi effetti corrosivi sull'acciaio inossidabile.

Confronto tra Vapore pulito e vapore secondo EN 285

L'EN 285 è il progetto di Standard Europeo sulle grandi sterilizzatrici a vapore (essenzialmente macchine con carico poroso). Durante la fase di sviluppo dell'EN 285, si è ritenuto necessario includere raccomandazioni sulla qualità del vapore da usare come specifica per la progettazione delle sterilizzatrici.
Il risultato è stato la generazione di una specifica per il condensato del vapore ed una per l'acqua di alimentazione, che hanno lo scopo di garantire che le caratteristiche del vapore nella camera siano tali da "non compromettere il processo di sterilizzazione, non danneggiare la sterilizzatrice ed il carico da sterilizzare". Identiche raccomandazioni probabilmente verranno fatte in futuro sulle sterilizzatrici per strumenti ed utensili non confezionati. L'EN
1422, che stabilisce i requisiti per sterilizzatrici EO (ossido di etilene), raccomanda anch'essa i limiti sulle impurità nel vapore usato per l'umidificazione, sebbene i livelli permessi siano generalmente più alti di quelli dell'EN 285.
Mentre il vapore secondo l'EN 285 è adatto all'utilizzo che si desidera fare, non è stato specificato per rispondere ai requisiti della legislazione ed agli standard sui prodotti medicinali e sui dispositivi medici. Tale vapore non può essere considerato

a. il vapore EN 285 è nato principalmente per proteggere i materiali, e non i pazienti; per esempio, esso non pone limiti sui pirogeni;
b. il vapore con questa purezza è particolarmente aggressivo e attaccherebbe molti materiali, compreso il ferro, l'acciaio ed il rame, comunemente presenti nei sistemi di distribuzione di vapore esistenti, nelle sterilizzatrici e nei carichi delle sterilizzatrici
c. è inverosimile che vapore di questa purezza possa essere generato e distribuito con i sistemi a vapore usati attualmente negli ospedali, senza eccessivi investimenti e modifiche agli impianti.

Così sembrano essere poche, se ce ne sono, le applicazioni di sterilizzatrici nelle quali il vapore EN 285 possa essere preferibile al "vapore pulito", come definito prima. La raccomandazione di questa specifica è che il vapore pulito dovrebbe essere fornito per tutti i processi ospedalieri, dove

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

può venire a diretto contatto con dispositivi medicali, prodotti medicinali o attrezzature utilizzate nella produzione di prodotti medicinali ed ovunque il prodotto finale può essere contaminato. Ci si aspetta che il vapore pulito diventi la norma nelle applicazioni sensibili ospedaliere.

Monitoraggio
La conducibilità elettrica, o un più sofisticato strumento indicatore di qualità, possono essere strumenti diagnostici della qualità del vapore, una volta che il processo è stato convalidato. L'esperienza mostra che il residuo di evaporazione in campioni di vapore è considerevolmente più basso del valore 30 mg/litro, e perciò una conducibilità di conseguenza

Tabella 1

Contaminanti	Acqua potabile 98/83/CE	Condensato da vapore pulito	Condensato da vapore secondo la EN 285
Acidità o alcalinità	-	Deve soddisfare i test (V.040)	-
Grado di alcalinità [pH]	6,5 - 9,5	6,8 - 8,4	5 - 7
Ammonio, NH_4 [mg litro^{-1}]	0,5	0,2	-
Calcio e magnesio [mg litro^{-1}]	300	0,5	-
Durezza totale, $CaCo_3$ [mg litro $^{-1}$]	>200 <1500	2,0	2,0
Metalli pesanti [mg litro^{-1}]		0,1	
Ferro, Fe [mg litro $^{-1}$]	0,2	0,1	0,1
Cadmio, Cd [mg litro $^{-1}$]	0,005	0,005	0,005
Piombo, Pb [mg litro $^{-1}$]	0,05	0,05	0,05
Metalli pesanti [mg litro $^{-1}$] oltre al Fe, Cd, Pb		0,1	0,1
Cloruro, Cl [mg litro^{-1}]	250	0,5	0,1
Nitrato, NO_3 [mg litro^{-1}]	50	0,2	-
Solfato, SO_4 [mg litro^{-1}]	250	0,5	-
Sostanze ossidabili	-	Deve soddisfare i test (V.040)	-
Residui di evaporazione [mg litro^{-1}]	1500	30	1
Silicati, SiO_2 [mg litro^{-1}]	-	0,1	0,1
Fosfati, P_2O_5 [mg litro^{-1}]	10	0,1	0,1
Conduttività a 20°C [µS cm^{-1}]	2500	35 a 25°C	3
Endotossine batteriche [EU ml^{-1}]	-	0,25	-
Aspetto	Accettabile per il consumatore	Chiaro, incolore	Incolore, pulito senza sedimenti

La specifica di cui sopra deve essere rilevata nel punto di utilizzo del vapore. Le motivazioni che giustificano la specifica di vapore pulito negli ospedali definita in tabella possono essere così riassunte:

1 - soddisfa la condizione di sicurezza e salute

2 - protegge i materiali degli apparati in contatto

3 - analisi e monitoraggio possono essere effettuati con procedure e mezzi esistenti

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

più bassa sarebbe appropriata per un monitoraggio di routine.
Un valore di 35 µS/cm è stato adottato come ragionevole limite massimo per i contaminanti che si possono trovare nel vapore.
Un sistema indicatore di qualità è uno strumento matematico ad auto apprendimento che controlla che il vapore rimanga all'interno della banda di qualità stabilita in qualsiasi condizione.
L'acqua potabile e la conduttività dell'EN 285 sono specificate a 20°C, che è al di sotto della temperatura degli ambienti dove vengono installate molte sterilizzatrici. Una temperatura standard di 25°C è stata scelta per il vapore pulito perché essa può essere normalmente ottenuta senza il bisogno della refrigerazione.

Vapore pulito nella pratica quotidiana ospedaliera

Trattiamo di seguito i principi generali per ottenere il Vapore Pulito in accordo a quanto definito nel capitolo precedente sulla qualità del vapore.
L'intento di Spirax Sarco è quello di fornire una guida pratica ai progettisti e agli operatori del settore, su come raggiungere gli standard di qualità del vapore utilizzato negli Ospedali.

Cosa è il Vapore

A prima vista potrebbe sorprendere che in assoluto ci siano dei contaminanti nel vapore. Il vapore è ottenuto dal processo di ebollizione dove l'acqua viene convertita dallo stato liquido in gas. Ci si potrebbe aspettare che qualsiasi impurità dell'acqua sia lasciata nel bollitore, come nella distillazione, mentre il vapore puro in forma di molecole di H_2O viene trasferito all'utilizzatore. L'ebollizione avviene ad una temperatura in cui il vapore dell'acqua evaporata ha sufficiente pressione per formare bolle di vapore spostando l'acqua immediatamente sotto il livello superficiale: a temperature più basse l'evaporazione avviene solo sulla superficie. Lo scoppio di bolle sulla superficie dell'acqua bollente è accompagnato dalla espulsione di piccole proiezioni liquide. Queste goccioline contengono gli stessi solidi disciolti e sospesi presenti nell'acqua della caldaia e sono prontamente trasferite nella corrente del vapore trasportando i contaminanti nel punto di utilizzo. Anche se le goccioline d'acqua successivamente evaporano, i contaminanti saranno ancora presenti in forma di particelle solide. L'"Adescamento" è quel fenomeno per cui significative quantità di acqua della caldaia vengono sporadicamente trasportate all'interno del vapore. Questo è spesso il risultato di un improvviso aumento della richiesta di vapore, il quale riducendo la pressione al di sopra dell'acqua, abbassa il punto di ebollizione, e fa aumentare così la violenza dell'ebollizione. Anche un livello troppo alto di acqua nella caldaia può portare all'adescamento. L'adescamento può essere controllato regolando correttamente la dinamica dell'intero processo con sistemi di controllo coordinati ed avanzati. Il trasporto dell'acqua è favorito inoltre dalle alte concentrazioni di impurità nell'acqua della caldaia. Esse riducono la tensione superficiale dell'acqua facendo aumentare l'agitazione sulla superficie e possono inoltre causare la formazione di una schiuma leggera stabile sulla superficie dell'acqua che porta ad un aumento del trasporto del liquido. Spruzzi e proiezioni d'acqua sono, ad intermittenza, trasferiti dalla caldaia al vapore, compromettendone considerevolmente la qualità. Per una analisi più attenta di quanto avviene in caldaia vedere il video "CALDAIE A VAPORE: cosa avviene all'interno" della Spirax Sarco. Un aspetto cruciale del progetto del generatore è, quindi, il suo studio, il dimensionamento e l'ottimizzazione della regolazione per assicurare, quanto più è possibile, la migliore separazione e rimozione dell'acqua dal vapore.

Riassunto dei possibili requisiti del vapore pulito

Dalle suddette considerazioni e quanto detto precedentemente, i requisiti per la generazione del vapore pulito ed il controllo della sua qualità possono essere riassunti come segue:

a. l'acqua di alimentazione deve essere libera il più possibile da contaminanti, specialmente da quelli specificati per il vapore pulito.
b. Il generatore deve essere progettato per prevenire il trasporto di goccioline d'acqua.
c. Il generatore deve essere gestito in modo da prevenire la formazione di schiuma ed evitare l'adescamento.
d. Il sistema di distribuzione, che porta il vapore dal generatore agli utilizzatori, deve essere considerato parte del processo di controllo e deve essere resistente alla corrosione.

Contaminanti	Acqua alimento
Residui di evaporazione	≤30 mg/l
Ossidi di silicio SiO_2	≤1 mg/l
Ferro	≤0,2 mg/l
Cadmio	≤0,005 mg/l
Piombo	≤0,05 mg/l
Restanti metalli pesanti senza carbonio e piombo	≤0,1 mg/l
Cloro (Cl)	≤2 mg/l
Fosfato (P_20_5)	< 0,5 mg/l
Conduttività (a 25°C)	≤70 µs/cm
Valore di PH	6,8 - 8,4
ASPETTO	Chiaro incolore senza sedimenti
Durezza (ioni alcalini)	≤2,0 mg/ litro
Endotossine batteriche	< 0,25 EU/ml

Tab. 2

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

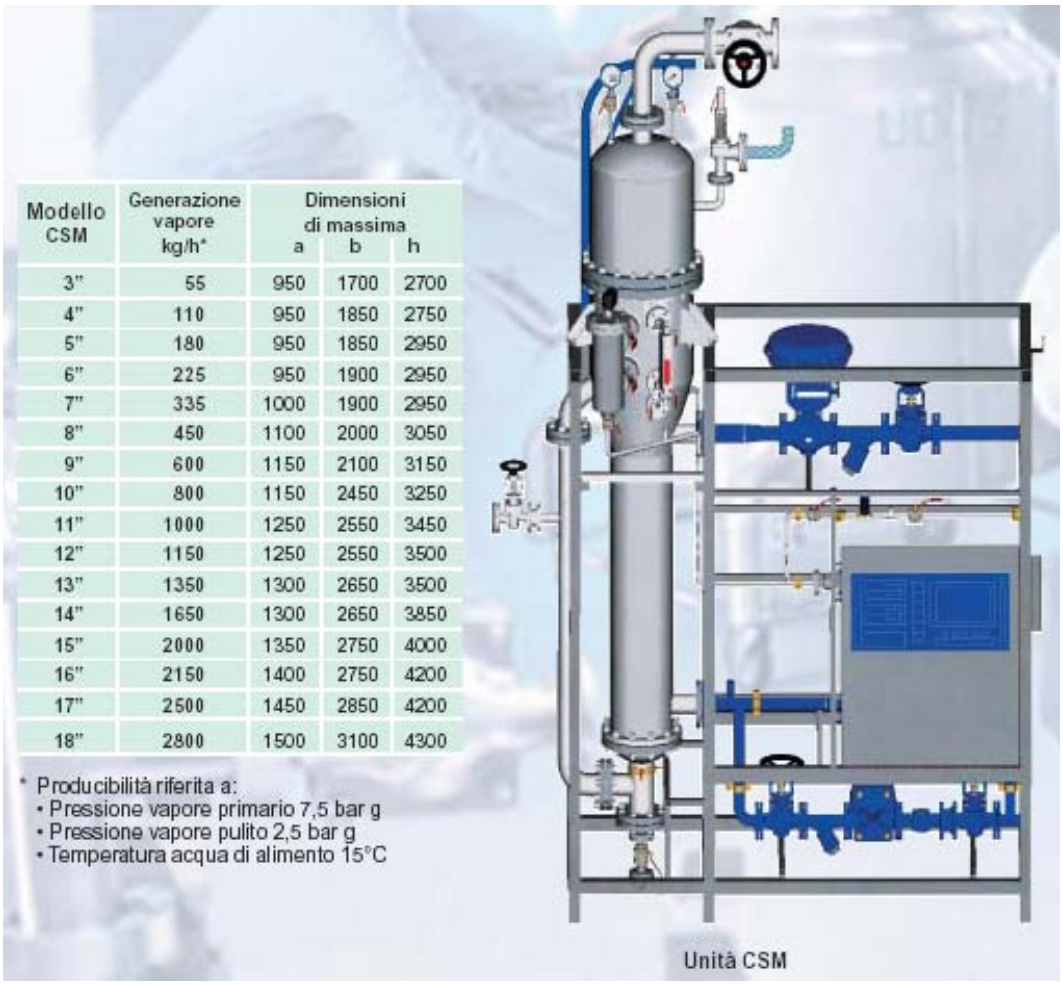
È evidente che un sistema di generazione, progettato e funzionante in modo da controllare il titolo del vapore, è capace di mantenere un basso livello di contaminanti anche dove la qualità dell'acqua di alimentazione è scarsa. Ciò fa sì che il trattamento dell'acqua di alimento non divenga il fattore decisivo della capacità di un sistema di erogare vapore pulito. Va detto comunque che, se l'acqua di alimentazione è di bassa qualità, anche piccole deviazioni dalle condizioni ottimali di funzionamento, condizioni facili da verificarsi durante le fasi dinamiche del sistema od in presenza di disturbi, possono portare alla presenza di elevate quantità di contaminanti nel vapore. Il progettista di un sistema di generazione di vapore pulito deve assicurarsi, non solo di soddisfare i requisiti meccanici e termodinamici del sistema, ma anche di soddisfare i requisiti qualitativi e di controllo sopra indicati.

Generatore di Vapore Pulito dedicato

La soluzione con l'utilizzo di un generatore dedicato al vapore pulito, sia che fornisca una sola oppure più utenze, è la soluzione raccomandata in quanto l'ottenere il vapore pulito in maniera affidabile dalla caldaia principale, oltre ad essere costosissimo, è impossibile.

I generatori di vapore pulito sono generatori indiretti alimentati con vapore tecnologico progettati e costruiti da società specializzate allo scopo come Spirax Sarco.

Siccome la maggior parte della condensa scaricata dalle sterilizzatrici non torna alla caldaia, questi generatori funzionano praticamente con il 100% dell'acqua di reintegro; per questo motivo la qualità dell'acqua di alimentazione è cruciale per il funzionamento di un generatore di vapore pulito dedicato. Essa è specialmente critica per quei generatori che non hanno grandi riserve di acqua. D'altronde trattandosi di sistemi dedicati è possibile utilizzare una unità di trattamento acqua separata da quello della caldaia centrale e più adatta per il vapore pulito. Attenzione è necessario utilizzare il concetto di "approccio globale", nel senso che l'orientamento più ampiamente accettato e diffuso è quello di considerare, nel suo insieme, tutto il ciclo dell'acqua. È ormai opinione consolidata che per ottenere acqua purificata, non basta disporre, semplicemente, di un appropriato impianto di osmosi inversa, ma è necessario tener presente che tali apparecchiature, fanno parte di un sistema totale che comprende, essenzialmente, quattro sottosistemi tra loro interdipendenti:



Modello CSM	Generazione vapore kg/h*	Dimensioni di massima a	b	h
3"	55	950	1700	2700
4"	110	950	1850	2750
5"	180	950	1850	2950
6"	225	950	1900	2950
7"	335	1000	1900	2950
8"	450	1100	2000	3050
9"	600	1150	2100	3150
10"	800	1150	2450	3250
11"	1000	1250	2550	3450
12"	1150	1250	2550	3500
13"	1350	1300	2650	3500
14"	1650	1300	2650	3850
15"	2000	1350	2750	4000
16"	2150	1400	2750	4200
17"	2500	1450	2850	4200
18"	2800	1500	3100	4300

* Producibilità riferita a:
- Pressione vapore primario 7,5 bar g
- Pressione vapore pulito 2,5 bar g
- Temperatura acqua di alimento 15°C

Fig. 1 – Packages di Generatore indiretto di Vapore Pulito

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

- **-Pretrattamento**
- **-Stoccaggio**
- **-Osmosi inversa**
- **-Distribuzione**

Ogni singolo sottosistema deve essere pertanto, preso in esame per evidenziare gli aspetti ad esso connessi e per poterli poi riarmonizzare tra loro a seconda dei casi e delle necessità.
Un sistema di generazione dedicato deve:

a. Avere un sistema di trattamento acqua diverso dal chimico;
b. Minimizzare la quantità dei gas non condensabili e degli altri contaminanti nell'acqua di alimentazione;
c. Prevenire che acqua allo stato liquido esca dalla caldaia e venga trascinata nel vapore;
d. Prevenire la crescita di microbi in qualsiasi serbatoio di deposito nelle tubazioni;
e. Essere costruito con materiali resistenti alla corrosione ed alla diffusione di particelle, come l'acciaio inossidabile a basso tenore di carbonio (tipo 316L);
f. Avere una capacità di generazione sufficiente a soddisfare sia la massima che la minima domanda pur mantenendo requisiti di secchezza e di contenuto dei gas incondensabili residui;
g. Avere una appropriata e corretta rete di distribuzione;
h. Avere un sistema di misure e controlli che assicurino la qualità del vapore nel tempo.

Sistema di trattamento acqua alimento
Per valutare il tipo e le specifiche del sistema di trattamento dell'acqua, si raccomanda di ottenere un'analisi delle acque dalla società di rifornimento.

Secondo la legge esistente, su richiesta dell'utente e senza spesa, l'ente acquedotti deve fornire l'analisi delle acque distribuite.

- L'acqua di rete può essere dura, cioè contenere significative concentrazioni di sali di metalli alcalini (principalmente calcio e magnesio), può inoltre contenere anche tracce di altri contaminanti che devono essere rimossi. La composizione dei contenuti può variare da zona a zona.
- Sebbene mediamente si possa fare affidamento sulla stabilità della qualità dell'acqua dalla rete, occasionalmente si possono avere contaminazioni delle acque, dovute ai lavori sugli impianti ed al fallimento dei trattamenti. Gli Utenti devono prendere adeguate precauzioni per proteggere qualsiasi attrezzatura installata dai danni che si possono determinare in simili circostanze.

Un completo trattamento dell'acqua comprende tre stadi:

1. Addolcimento (per rimuovere i contaminanti che formando incrostazioni possono danneggiare il generatore);
2. Purificazione (per rimuovere altri contaminanti indesiderati);
3. Degasazione (per rimuovere i gas corrosivi e non condensabili).

1. Addolcimento
La necessità del trattamento di addolcimento dipenderà dalla durezza dell' acqua locale. Dove l'acqua è dolce può essere possibile raggiungere i requisiti per il vapore pulito senza ulteriori trattamenti. In questi casi gli Utenti devono essere coscienti che la qualità del vapore varierà al variare della qualità dell' acqua e che saranno richiesti frequenti monitoraggi per assicurare che la specifica sul vapore pulito sia rispettata. Nelle aree in cui l'acqua è dura, un impianto di addolcimento per decalcificare è normalmente richiesto. In questo processo gli ioni di calcio e di magnesio sono cambiati con ioni di sodio in una colonna di zeoliti (processo di permutazione). Le colonne sono periodicamente rigenerate mediante corrente d'acqua salata (cloruro di sodio). E' indispensabile evitare di trasferire gli ioni cloro nell'acqua trattata.

E' possibile una colonizzazione batterica delle colonne e, durante i periodi di stagnazione dell'acqua, è probabile una diffusione dei batteri a valle a meno che l'attrezzatura non sia fatta funzionare correttamente e non sia scrupolosamente mantenuta. E' consigliabile installare un sistema di ricircolazione che mantenga una portata d'acqua attraverso le colonne, durante i periodi di bassa richiesta. Le colonne devono essere periodicamente disinfettate con un disinfettante tollerato e la qualità microbiologica dell'acqua deve essere controllata. Sebbene il processo di rigenerazione con l'acqua salata dovrebbe distruggere molti microorganismi, batteri come la specie Bacillus e Staphilococcus aureus sono tolleranti ad alte concentrazioni di sali.

2. Purificazione
La purificazione può essere raggiunta sia con l'osmosi inversa che con la deionizzazione. Nell'osmosi inversa (RO), l'acqua è forzata attraverso una membrana semi-permeabile, la quale filtra i contaminanti con un alto grado di efficienza. Nella deionizzazione (DI), ioni e particelle cariche sono rimosse sia da campi elettrici che dallo scambio di ioni in letti di resina. Sebbene la RO normalmente non può raggiungere il grado di purezza possibile con il metodo della DI, è più che adeguata per l'acqua di alimentazione destinata ai generatori per vapore pulito ed inoltre la RO è più economica da installare e da gestire rispetto alla DI, in più:

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

- La RO rimuove le particelle, le molecole organiche ed i pirogeni,
- che la DI non può;
- L'acqua ottenuta con la RO è meno corrosiva per l'acciaio ed il rame, rispetto a quello ottenuta con la DI;
- I requisiti di manutenzione sono meno esigenti che per le unità di DI.

3. Degasazione

I gas non condensabili (NCGs) sono definiti come quei gas che non possono essere liquefatti con la compressione nelle condizioni di temperature e pressioni usate durante il processo di sterilizzazione. Bassi livelli di NCGs contenuti nel vapore fornito alle sterilizzatrici possono influenzare la prestazione della sterilizzatrice e l'efficacia del processo, causare il surriscaldamento della camera e portare ad inconsistenze nel funzionamento dei rilevatori di aria ed al fallimento del test di Bowie-Dick (EN 285-19) che tende a dimostrare una soddisfacente rimozione dell'aria. La maggior parte dei NCGs sono aria e biossido di carbonio. Lo Standard Europeo richiede che le sterilizzatrici siano progettate per funzionare con vapore con una frazione di NCGs che non superi il 3,5% del volume, quando misurato con il metodo descritto nel test sui gas non condensabili. La fonte principale di NCGs nella generazione di vapore è l'acqua di alimentazione della caldaia, ed il livello di gas sarà maggiormente influenzato dal tipo di trattamento dell'acqua impiegato. In alcuni casi sarà necessario uno studio effettuato da uno specialista di trattamento dell'acqua. Lo studio deve comprendere l'analisi dell'acqua, il regime di degasazione e spurgo richiesto per assicurare la protezione del generatore contro la corrosione, minimizzando la quantità di gas disciolti (NCGs) nel vapore.

- Se sono usati agenti antischiuma ed agenti per l'assorbimento dell'ossigeno (come il solfato di sodio), è essenziale assicurarsi che i dosaggi siano proporzionati ed equilibrati.
- Il trattamento di addolcimento dell'acqua a scambio ionico rilascia biossido di carbonio nell'acqua in quanto gli ioni di bicarbonato sono convertiti in sali di carbonati che tendono a separarsi. Un corretto regime di spurgo è essenziale per la rimozione dei sali accumulati.
- Se non si riesce a contenere i gas disciolti, il modo più efficace per eliminarli (ossigeno, idrogeno, azoto, biossido di carbonio ed altri NCGs) è quello di degasare l'acqua di alimentazione, preriscaldandola in un serbatoio a pressione atmosferica ("pozzo caldo"). Questo, inoltre, romperà gli ioni di bicarbonato, eliminando ulteriore biossido di carbonio. Perché la degasazione sia efficace, è importante che la temperatura dell'acqua di alimentazione non scenda al di sotto degli 80°C in nessun momento. Per informazioni più dettagliate sulla degasazione vedere le specifiche Spirax Sarco e quanto precedentemente descritto.

Generatore di vapore pulito

Una caratteristica essenziale di un generatore di vapore pulito è la capacità di separare le goccioline di acqua formatesi nel vapore prima che esso sia inviato alle sterilizzatrici. Spirax Sarco ha raggiunto buoni risultati su macchine utilizzando dei separatori a ciclone, i quali essenzialmente asciugano il vapore causandone la rotazione ad alta velocità. Spirax Sarco ha misurato l'efficienza della rimozione dell'umidità, inserendo nell'acqua di alimentazione alti livelli di endotossine (almeno 103EU ml) e testando campioni di vapore per i livelli di endotossine con il LAL Test. (Questo lavoro deve essere fatto solo da personale di adeguata esperienza). I test sul generatore verticale di vapore pulito hanno dimostrato che fattori di riduzione maggiori di 105 possono essere consistentemente raggiunti. Un'adeguata rimozione di umidità deve essere mantenuta per tutta la gamma di portate del vapore, tipicamente al di sopra dei 200 kg/h per ogni sterilizzatrice. Per ulteriori approfondimenti sui generatori vedere i sistemi CSM e CSMK della Spirax Sarco. Il generatore di vapore pulito deve essere progettato per produrre vapore di qualità esente da impurità ed ossidi, tale da alimentare autoclavi di sterilizzazione, sterilizzazione di linee ed applicazioni dove il vapore ed il condensato non devono potenzialmente contaminare il prodotto. Il generatore di vapore pulito deve essere progettato e costruito nel rispetto di tutti i requisiti previsti dalla normativa PED a cui si aggiungono i requisiti richiesti dalla GMP in vigore (current Good Manufacturing Practises). La separazione delle impurità presenti deve avvenire per gravità e per forza centrifuga.
Le impurità raccolte dal processo di separazione saranno continuamente scaricate attraverso lo scarico previsto sul separatore.

Materiali e Finiture

Tutte le superfici delle parti in contatto con l'acqua di alimento e con il vapore pulito saranno costruite in acciaio inossidabile AISI 316L per assicurare una protezione dalla precipitazione di carburi formatisi durante i processi di saldatura. Tutte le superfici delle parti in contatto con il vapore pulito saranno elettro-pulite. Tutte le superfici delle parti in contatto con il fluido primario e/o fluidi refrigeranti potranno essere di ottone, bronzo oppure di acciaio inossidabile.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Eccessiva umidità
Una eccessiva umidità, quando sono presenti goccioline d'acqua alla stessa temperatura del vapore, causerà l'inumidimento dei carichi nelle sterilizzatrici a caricamento poroso, nelle sterilizzatrici a vapore a bassa temperatura (LTS), e nelle sterilizzatrici LTSF. L'umidità ridurrà la concentrazione di formaldeide nelle sterilizzatrici LTSF e potrà nuocere all'efficacia del processo. L'umidificazione può essere compromessa nelle sterilizzatrici ad ossido di etilene (EO). Alcune cause dei carichi bagnati sono le seguenti:

a. Pendenze e drenaggi delle tubazioni e dei collettori vapore mancanti, insufficienti od erroneamente realizzati;
b. La sterilizzatrice può essere alimentata da una rete vapore secondaria con cattivo drenaggio ed eliminazione dell'aria, invece che dalla rete di vapore attiva;
c. I tubi tra la caldaia e la sterilizzatrice possono essere non sufficientemente isolati, causando un'eccessiva condensazione del vapore.

Se l'umidità continua ad essere un problema, può essere dovuto ai "trascinamenti" nel generatore ed alla formazione di schiuma che possono essere causate da:

a. Trattamento non corretto dell'acqua di alimentazione;
b. Livello troppo alto dell'acqua nel generatore;
c. Utilizzo del generatore che ha bisogno di pulizia interna;
d. Ebollizione violenta in condizioni di variazione dei carichi;
e. Alto livello del totale solidi disciolti.

Secchezza per la sterilizzazione
La secchezza del vapore è di vitale importanza per il funzionamento di qualsiasi sterilizzatrice a vapore. Una eccessiva umidità può essere origine di carichi bagnati e di una distribuzione irregolare della temperatura nei carichi non porosi, particolarmente in quelli che contengono un alto numero di piccoli elementi, come le ampolle. Quando si richiede che il vapore venga a diretto contatto con la superficie da sterilizzare, come nelle sterilizzatrici a caricamento poroso, una umidità troppo bassa può d'altro canto, permettere il surriscaldamento del vapore durante la sua espansione nella camera della sterilizzatrice. La secchezza del vapore è definibile mediante la determinazione della "frazione di secchezza", ed i metodi tradizionali di misurazione non sono adatti alle sterilizzatrici perché difficili e perché richiedono una portata costante di vapore. La tecnica di campionamento e misura descritta nella EN 285 sulla secchezza del vapore non può essere considerata come misura dell'effettivo tasso di umidità del vapore, perché il campione è preso dal centro del tubo di alimentazione del vapore non prelevando la condensa che scorre lungo la parete. Conseguentemente, non viene usato il termine "titolo" ma il "valore di secchezza" dove 1,0 rappresenta le condizioni del vapore saturo secco. Il metodo di prova della EN285 deve essere considerato come metodo per determinare l'accettabilità qualitativa del vapore. Il metodo è ritenuto comunque adatto nelle installazione delle sterilizzatrici, perché le valvole di controllo ed i componenti di drenaggio installati riducono considerevolmente la quantità della condensa che entra nella camera di sterilizzazione, così da poter affermare che il campione di misura ha una quantità di umidità simile alla umidità del vapore nella camera. Gli Standard Europei richiedono che le sterilizzatrici siano progettate per funzionare con un vapore il cui valore di secchezza non sia inferiore a 0,9, quando misurato in conformità al test sulla secchezza del vapore descritto nella EN285. Per i carichi metallici, il valore di secchezza non deve essere inferiore a 0,95. In pratica, difficilmente si presenteranno problemi di sterilizzazione se il valore di secchezza è compreso tra 0,9 e 1,0, se è ragionevolmente costante e se la riduzione della pressione attraverso il gruppo finale di riduzione è di due a uno. L'esperienza mostra che nella pratica talvolta si ottengono accettabili condizioni, mentre si è lontani dalle condizioni ottimali. Occorre sottolineare che deviazioni significative sono tali da causare i seguenti problemi:

a. carichi bagnati, derivanti da un valore di secchezza troppo basso;
b. surriscaldamento, derivante sia da un valore troppo alto di secchezza prima del gruppo finale di riduzione della pressione, che induce un'eccessiva riduzione della pressione attraverso la valvola (il surriscaldamento può essere eccessivo se entrambe le condizioni sono presenti simultaneamente);
c. difficoltà nel funzionamento del sistema di riduzione di pressione, derivanti da un basso rapporto di riduzione della pressione, da colpi d'ariete, sporcizia ed altri elementi trascinati.

Surriscaldamento
Il vapore surriscaldato è un fluido non adatto per l'uso nelle sterilizzatrici e ne compromette la funzionalità, tende a bruciare i materiali tessili e cartacei e porta ad un rapido deterioramento della gomma. Le condizioni di surriscaldamento nei carichi e nella camera possono essere determinate dall'espansione adiabatica, da una reazione esotermica o da entrambe.

-Gli Standard Europei richiedono che il grado di surriscaldamento nel vapore libero alla pressione atmosferica non superi i 25°C, quando misurato secondo il metodo descritto

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

nel punto 24.3 della EN 285.

-Il surriscaldamento causato dall'espansione adiabatica è solitamente il risultato di un'eccessiva riduzione della pressione attraverso un dispositivo di regolazione, come un sistema di riduzione della pressione od una valvola di presa vapore parzialmente chiusa. Non è una situazione che si riscontra normalmente nei sistemi di distribuzione vapore negli ospedali, ma il surriscaldamento può insorgere se il vapore di alimentazione è troppo secco, o se la pressione è insolitamente alta prima del dispositivo di regolazione. Questo surriscaldamento può essere evitato diminuendo il valore di secchezza del vapore in entrata al sistema di riduzione della pressione della sterilizzatrice; anche il ridotto rapporto di pressione minimizzerà l'effetto dell'espansione attraverso la valvola.

-Il surriscaldamento che dipende dalla reazione esotermica può avvenire durante la sterilizzazione come risultato della reidratazione di materiali igroscopici eccezionalmente secchi.

Sistema di distribuzione

Come precedentemente anticipato, anche il sistema di distribuzione influenza la qualità del vapore. Il progetto dei sistemi di distribuzione adatti per il trasporto di vapore pulito deve rispondere ad alcuni requisiti fondamentali:

-Ad eccezione dei tratti verticali tra i vari piani degli edifici, le tubazioni del vapore devono essere progettate in modo che la condensa fluisca per gravità nella stessa direzione del vapore. Questo è un principio generale che si applica ugualmente alla rete del vapore principale, alle sue diramazioni ed ai collegamenti delle stesse sterilizzatrici.

-Eliminatori d'aria e scaricatori di condensa devono essere installati in ogni tratto verticale e si deve fare molta attenzione ad effettuare correttamente l'installazione in modo da consentire il regolare drenaggio della condensa, che si può accumulare nelle tasche delle tubazioni. E' assolutamente necessario evitare zone morte nei tubi della rete; è quindi importante che il sistema di distribuzione non comprenda diramazioni inutilizzate. Durante i periodi in cui la fornitura di vapore è sospesa, la zona di ristagno dell'acqua può diventare focolaio di crescita di microbi; l'acqua intrappolata poi verrebbe trasferita nel vapore al ripristino della fornitura. Sebbene i microorganismi possano essere eliminati dal vapore, i pirogeni alla temperatura del vapore non saranno resi inattivi, e potrebbero essere trasferiti alle sterilizzatrici.

-Per evitare l'accumulo della condensa nei periodi in cui il sistema o la sterilizzatrice non è in funzione, occorre dare le opportune pendenze alle tubazioni della rete ed installare correttamente gli scaricatori lungo tutto il sistema di distribuzione del vapore.

Spirax Sarco, da sempre, leader mondiale del settore, sarà ben lieta di fornire il supporto necessario per dimensionare ed installare correttamente tutti i materiali di controllo delle reti di distribuzione.

Il sistema di distribuzione per vapore pulito deve essere costruito e realizzato in acciaio inossidabile a basso contenuto di carbonio oppure in acciaio inossidabile stabilizzato. Materiali come l'acciaio ed il rame, abbondantemente in uso in passato, secondo le nuove normative non possono più essere utilizzati. Possiamo comunque ricordare che, quando una installazione convenzionale esistente è in uso da diversi mesi, genera, all'interno dei tubi,uno strato protettivo di ossido (magnetite). Controllando che la condensa del vapore sia neutra o alcalina, questo rivestimento rimarrà intatto e permetterà l'uso delle tubazioni per la distribuzione di vapore pulito. Attenzione però che una condensa acida ed in presenza di aria umida può decomporre lo strato superficiale portando alla corrosione, la quale poi può diffondersi in forma di particelle contaminanti. Considerando inoltre che sia gli impianti vapore che le sterilizzatrici hanno una vita oltre la quale entrambi vanno modificati, si può concludere che, per impianti preesistenti, con piccoli interventi e soprattutto con una attenta gestione si può rendere accettabile il loro utilizzo mentre si dovrà intervenire in modo radicale alla fine della loro vita utile.

-Come regola precauzionale, dovranno essere installati, ai punti di consegna, dei filtri finali per vapore, capaci di rimuovere tutte le particelle fino ai 5µm di grandezza.

-Altri punti chiave per un sistema di distribuzione adatto al vapore pulito comprendono:

a. Eliminatori di aria automatici, correttamente dimensionati, posti lungo tutto il sistema di distribuzione delle tubazioni, per minimizzare la quantità di aria e degli in condensabili trasferiti alle sterilizzatrici;
b. Appropriati e correttamente selezionati scaricatori per rimuovere la condensa;
c. Contenute velocità del vapore nelle tubazioni, indicativamente al di sotto dei 20 m/s, per permettere agli scaricatori di condensa di rimuovere effettivamente l'umidità depositata e per prevenirne il trascinamento da parte del vapore;
d. Separatori di condensa posti vicino agli stacchi della caldaia, destinati all'utenza di vapore asciutto;
e. Filtri per proteggere le valvole di controllo, gli scaricatori, ecc.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

La Spirax Sarco costruisce inoltre apparecchiature accessorie per l'equipaggio di linee di Vapore Pulito relative a:

- Valvole di regolazione autoazionate e servoazionate
- Scaricatori di condensa e filtri
- Valvole d'intercettazione
- Valvole di sicurezza etc. etc.

Vedi **Fig. 4** e **Fig. 5** di seguito rappresentate, per maggiori dettagli richiedere la specifica documentazione ai nostri uffici periferici o centrali.

-La **figura 3** suggerisce una configurazione razionale e secondo le norme dell'impianto di distribuzione del vapore alle varie utenze quali le sterilizzatrici. Questa configurazione migliora la qualità del vapore vicino al punto di utilizzo riducendo la velocità del vapore ed eliminando umidità e gas non condesabili. Il vapore pulito, dal generatore, arriva in un collettore, non inferiore a DN 150 e di una lunghezza tale da prevedere future espansioni, adeguatamente dotato di eliminatori d'aria e di scaricatori di condensa. L'eliminatore d'aria, provvisto di elemento di raffreddamento, deve essere installato sulla parte alta e terminale del collettore; altri eliminatori d'aria devono inoltre essere installati ad ogni terminale di ciascuna tubazione di distribuzione uscente dal collettore. Sul collettore deve essere installato, anche, un indicatore di pressione. Quando la pressione del vapore, in entrata verso la sterilizzatrice, supererà il massimo valore specifico dal produttore, occorre un sistema di riduzione di pressione ed un separatore da installare sul tubo di alimentazione ad almeno 3 metri dalla sterilizzatrice.
La perdita di calore nella sezione tra il sistema di riduzione della pressione e la sterilizzatrice aiuterà a prevenire il surriscaldamento.

- Se il produttore della sterilizzatrice non lo provvede, un separatore ed uno scaricatore di condensa appropriati (idonei per vapore pulito) devono essere correttamente installati a monte della valvola di riduzione della sterilizzatrice.
- I punti di prelievo di ogni sterilizzatrice devono essere forniti di tre punti di connessione:
    1) per collegare una valvola
    2) per collegare un tubo Pitot
    3) per collegare un sensore di temperatura, come mostrato nella **figura 3**
  - Bisogna prestare attenzione alla collocazione di tutte le valvole di sicurezza, per assicurarsi che la sterilizzatrice venga propriamente protetta. Le valvole di sicurezza e i loro tubi di scarico devono essere tali da prevenire che la pressione nei tubi di alimentazione delle sterilizzatrici superi più del10% la pressione di progetto delle stesse. Il tubo di scarico deve terminare fuori dei locali, in una posizione sicura, visibile e che non possa gelare. Qualsiasi tubazione in salita deve essere provvista di un sistema di drenaggio nel punto più basso per prevenire l'accumulo di condensa.

Vapore pulito per Umidificazione dell'aria di Climatizzazione

Fino ad ora abbiamo parlato del Vapore pulito per la sterilizzazione, ma è altrettanto importante per l'Umidificazione dell'aria per la climatizzazione del Centro di Sterilizzazione, delle Sale Operatorie e dei locali di interconnessione tra i due blocchi.
Senza entrare in merito agli impianti di climatizzazione, che non è di nostra competenza, ma è facilmente intuibile che la climatizzazione deve essere progettata e realizzata con particolare cura per evitare l'introduzione di batteri e microrganismi; di conseguenza anche il vapore deve avere le stesse caratteristiche di quello utilizzato per le sterilizzatrici per non vanificare quanto detto precedentemente sulla produzione e distribuzione del vapore pulito.
La Spirax Sarco tra la sua vasta gamma di prodotti ci sono anche le lance di umidificazione costruite interamente in acciaio inossidabile perfettamente idonee allo scopo.

Fig. 2 – **Lancia di Umidificazione aria**

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

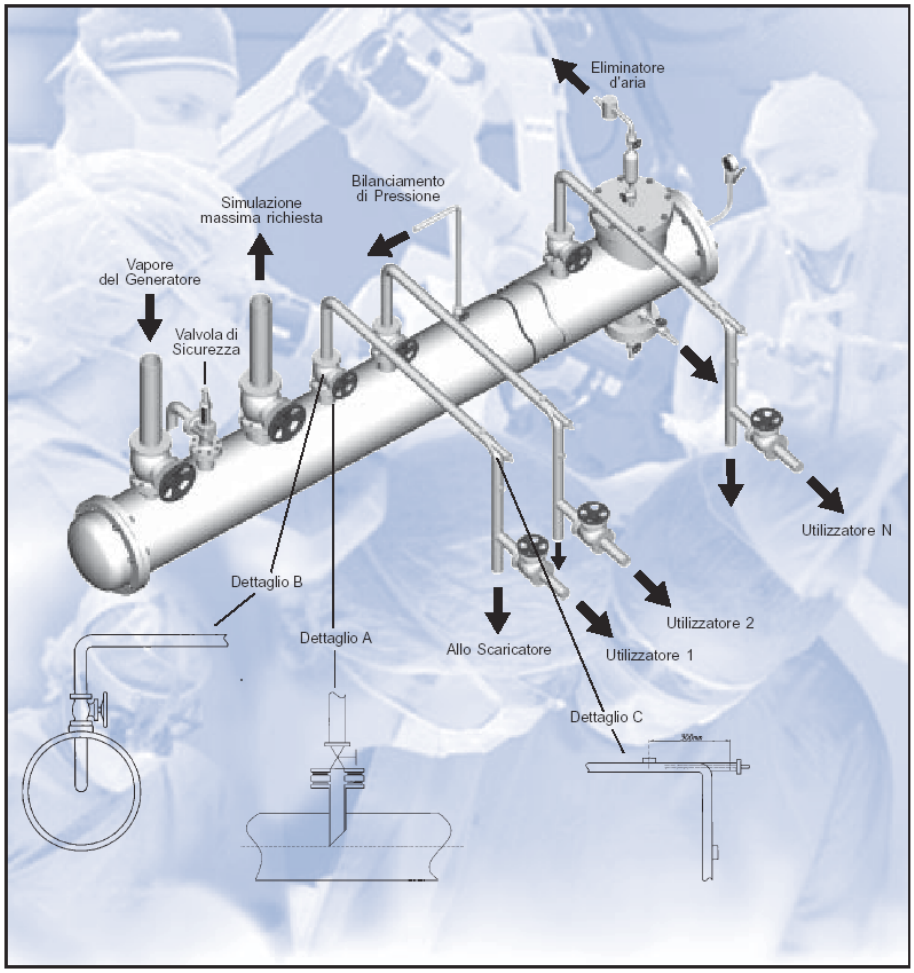


Fig. 3 –Collettore di distribuzione e punti presa vapore

Fig. 4 - Apparecchiature accessorie per Vapore Pulito

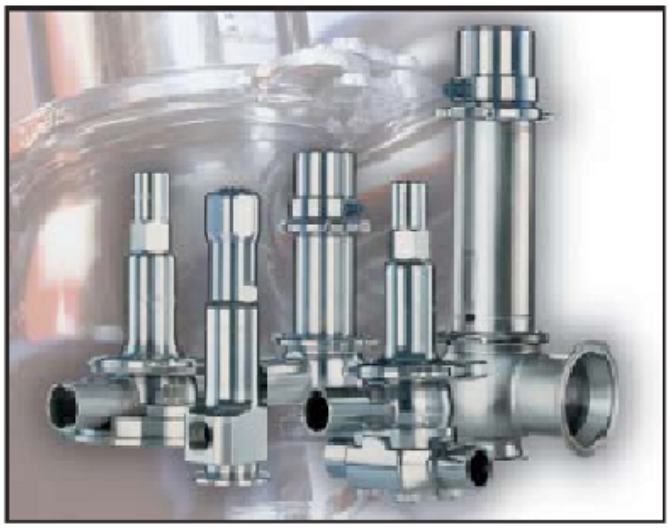


Fig. 5 - Valvole di Sicurezza per impieghi su fluidi e processi sterili

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Per maggiori dettagli sulle Lance di Umidificazione riferirsi alle nostre specifiche tecniche.
Ribadiamo l'importanza della climatizzazione negli ambienti anzi detti e di conseguenza di iniettare nell'aria Vapore pulito perché quando vengono estratti cestelli dalle sterilizzatrici con strumenti medicali o quando si eseguono interventi chirurgici, ove l'impianto di climatizzazione non è stato eseguito con tutte quelle precauzioni necessarie alla purificazione dell'aria, viene vanificato ogni sforzo di una sterilizzazione efficiente, perché i batteri e microrganismi presenti nell'aria ambiente si depositeranno sia sugli strumenti medicali che nelle ferite dei pazienti.

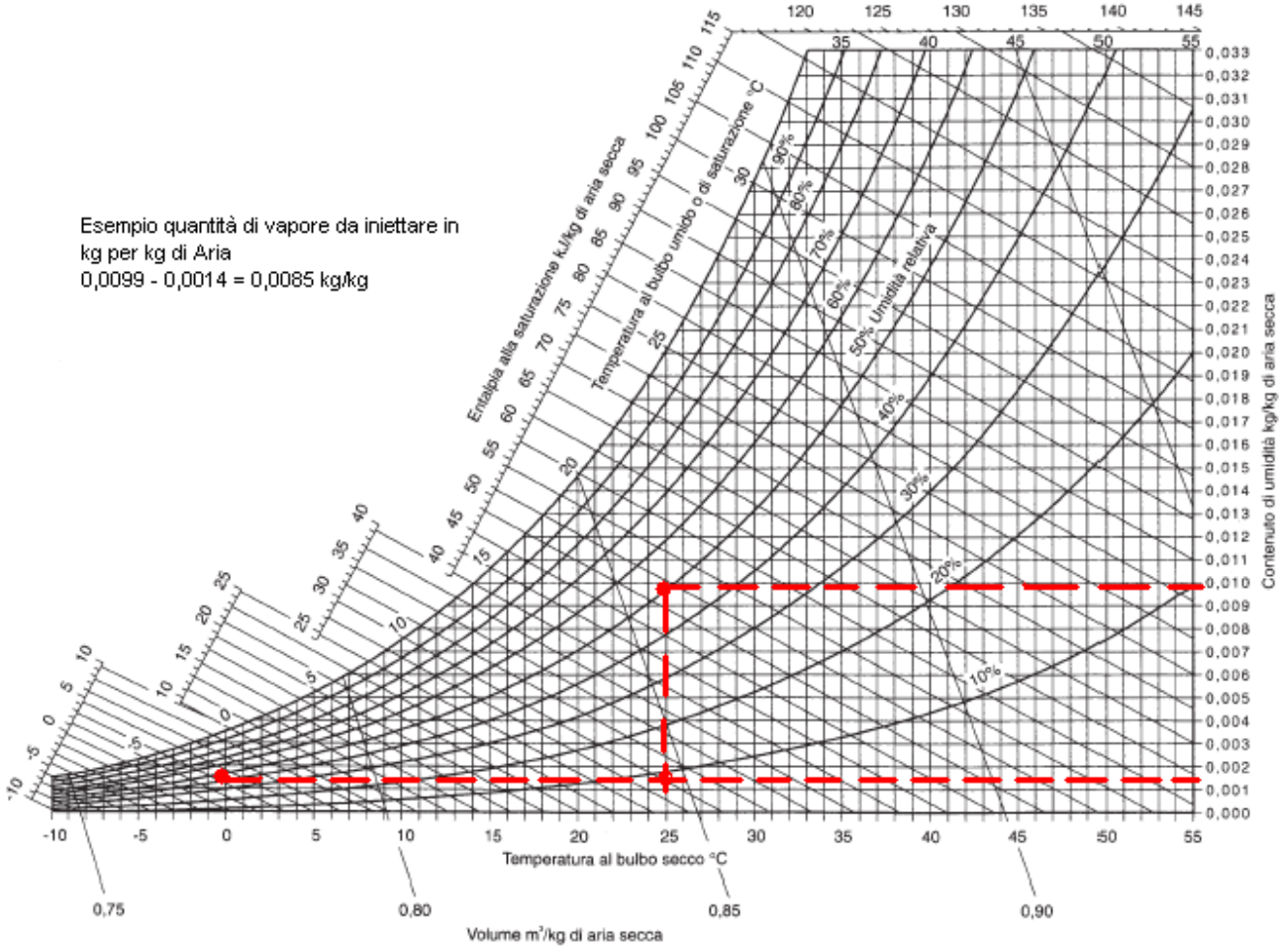

Esempio quantità di vapore da iniettare in kg per kg di Aria
0,0099 - 0,0014 = 0,0085 kg/kg
Entalpia alla saturazione kJ/kg di aria secca
Temperatura al bulbo umido o di saturazione °C
Umidità relativa
Contenuto di umidità kg/kg di aria secca
Temperatura al bulbo secco °C
Volume m³/kg di aria secca
0,75
0,80
0,85
0,90

DIAGRAMMA PSICOMETRICO

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Processo di validazione qualità del vapore

1. **Dove prelevare i campioni**
2. **Numero dei punti di campionamento**
3. **Validazione**
4. **Test periodici**

Dove prelevare i campioni
Per una buona valutazione della qualità del vapore i prelievi dei campioni da analizzare debbono essere eseguiti a valle di ogni componente il sistema di produzione partendo dall'acqua di alimento:

a. Acqua potabile della rete idrica
b. Acqua trattata che può includere una o più fasi distinte di trattamento. I campioni devono essere presi in entrata e in uscita, il più vicino possibile all'impianto di trattamento. E' consigliabile comunque monitorare le varie fasi del trattamento presi a valle di ogni fase per meglio individuare eventuali fonti di inquinamento.
c. Acqua di alimento generatore proveniente dal pozzo caldo.
d. Acqua del generatore prima dello spurgo.
e. Vapore all'uscita dal generatore.
f. Vapore prima dell'ingresso nella sterilizzatrice; campionato possibilmente nel collettore di distribuzione.

Numero dei punti di campionamento
In linea generale il campionamento è richiesto in ogni parte del sistema dove è necessario confermare l'idoneità dell'acqua e del vapore per verificare gli eventuali inquinamenti e/o trasformazioni di composizione derivanti dal sistema.
I campionamenti devono essere realizzati in modo da assicurare che:

a. Il campione preso sia il più possibile rappresentativo dell'acqua e del vapore campionati in quella sezione del sistema.
b. Il campione deve essere preso senza che venga contaminato.
c. Il campione deve essere preso in sicurezza.

Validazioni e test periodici
I test di validazione devono essere eseguiti nelle seguenti occasioni:

a. Nella validazione iniziale dell'impianto di generazione e distribuzione del vapore pulito.
b. Nella validazione iniziale delle sterilizzatrici o dei sistemi di umidificazione aria di climatizzazione se non effettuato in contemporanea al punto a..
c. Nei test annuali o di rivalidazione delle sterilizzatrici.
d. Quando c'è evidenza operativa che la qualità del vapore possa essere stata deteriorata.
e. Dopo qualsiasi modifica significativa del sistema di produzione e distribuzione del vapore pulito o del suo funzionamento, che potrebbe influenzare negativamente la qualità del vapore.

Test di validazione
Stabilire innanzitutto quali sono i consumi massimi di vapore alla minima pressione simulando i consumi per poter verificare le peggiori condizioni di trascinamento di umidità.
La massima generazione avviene normalmente quando tutti i carichi sono inseriti simultaneamente, il verificarsi di questa eventualità può dar luogo ad eventuali inquinamenti dovuti al trascinamento eccessivo di umidità. In questi casi, se non previsto nella fase di progettazione del sistema "vapore pulito" è necessario limitare la portata entro i limiti accettabili della qualità del vapore.
Per questo test di validazione è necessario prelevare due campioni:

a. Nelle condizioni di massima domanda
b. Nelle condizioni di minima domanda

I campioni devono essere costituiti da:

a. Una doppia serie completa di campioni per analisi di laboratorio.
b. Un campione per l'analisi della conducibilità in campo.

La prova periodica va effettuata in campo trimestralmente per verificare la conducibilità, in modo da coincidere con i test periodici delle sterilizzatrici. Una volta accertato che i valori di conducibilità rimane entro i limiti stabiliti durante la validazione si può ritenere che la generazione e distribuzione del vapore continua a rispettare i requisiti del vapore pulito.
Una nuova validazione deve essere effettuata annualmente in coincidenza della validazione delle sterilizzatrici.

Campionamento ed analisi

Apparato
La figura 1 mostra l'apparato collegato a un tubo di Pitot identico a quello specificato per i test della qualità del vapore della EN285. Il tubo di pitot deve essere installato vicino alla presa vapore della sterilizzatrice, meglio se sul

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

collettore. Il vapore prelevato passa attraverso un tubo in polipropilene ed è condensato facendolo passare attraverso un bagno di acqua fredda o ghiacciata. Questo apparato è adatto per essere usato con campioni che devono essere analizzati immediatamente, come per i test periodici per la conducibilità elettrica. Non è adatto per i campioni destinati ad analisi più sensibili in laboratorio, dal momento che il polipropilene è controindicato per diversi contami- nanti di interesse. Inoltre non è adatto dove i campioni devono essere presi per i test dei pirogeni, visto che i tubi in polipropilene non possono resistere all'esposizione prolungata alle alte temperature di cui si ha bisogno per assicu- rare che tutti i componenti del sistema di campionamento siano liberi da pirogeni.

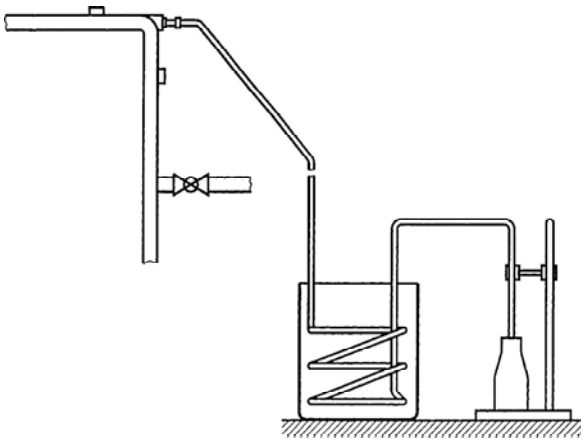


Fig. 1

Metodo

Pulire la bottiglia ed il tubo in polipropilene con acido cloridrico diluito e sciacquare diverse volte con acqua distillata. Non devono essere usati detergenti.

Lasciare asciugare.

Qualora il tubo di pitot non sia ancora installato, isolare la mandata del vapore e depressurizzare la tubazione. Adattare il tubo pitot sulla tubazione di mandata e fissare il tubo di polipropilene al pitot con una fascietta. Ripristinare la mandata vapore e permettere al vapore di defluire attraverso il tubo di polipropilene per almeno 5 minuti, per stabilizzare il vapore alla sua temperatura di funzionamento.

Assicurarsi che la condensa defluisca liberamente. Chiudere la valvola del vapore.

Arrotolare una parte del tubo di polipropilene in un numero sufficiente di spirali per assicurare la condensazione del vapore, posizionarlo nel contenitore da 8 litri e tenere in posizione orizzontale.

Riempire il contenitore con sufficiente acqua fredda (se richiesto si può aggiungere ghiaccio), fino a completa immersione delle spirali.

Aprire la valvola del vapore.

Il vapore si condenserà nelle spirali e la condensa uscirà dall'estremità del tubo.

Eliminare i primi 50 ml di condensa e poi raccogliere circa 250 ml nella bottiglia di campionamento. Sigillare ed etichettare la bottiglia.

La conducibilità elettrica deve essere misurata immediatamente.

Misura in campo della conducibilità elettrica

L'unica prova sulla condensa di vapore o sull'acqua di alimentazione che può essere attendibilmente effettuato sul posto è una misura di conducibilità elettrica e di alcalinità ed acidità.

Per la conducibilità è richiesto un conduttivimetro portatile per la misura di conducibilità, con una precisione minima dell'1% su una scala che va da 1,0 a 40 µS/cm, con una risoluzione di 0,1 µS/cm.

Deve essere compensato in temperatura su una scala che va da 0°C a 40°C, in modo da dare delle letture standardizzate a 25°C.

Lo strumento deve essere un conduttivimetro per misurare la conducibilità dell'acqua molto pura.

Spirax Sarco può fornire o suggerire il tipo di conduttivimetro da utilizzare.

E' anche necessario avere disponibile diverse soluzioni campioni a conducibilità nota da usarsi come riferimento e verifica della calibrazione dello strumento.

La serie di questi standard, compresi gli standard dell'acqua pura (nota anche come acqua assoluta), è disponibile in commercio, standardizzata a 25°C e riconosciuta come standard di riferimento dai centri nazionali di misura.

Gli standard devono stabilizzarsi alla temperatura della stanza, in cui saranno condotti i test, prima di essere utilizzati.

Lavare la sonda del conduttivimetro con acqua Pura o con l'acqua del campione. Misurare la conducibilità degli standard.

Usare i risultati per calibrare il conduttivimetro in conformità alle istruzioni del costruttore. Misurare la temperatura del campione.

Per una effettiva compensazione della temperatura, questo test dà migliori risultati con entrambi il campione e lo standard vicini ad una temperatura di 25°C.

Se il campione è più caldo, lasciarlo raffreddare fino alla temperatura di circa 25°C. Lavare la sonda del conduttivimetro una seconda volta con Acqua Pura.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Misurare la conducibilità del campione.
Il test deve essere considerato soddisfacente se la conducibilità misurata:

a. Non supera il valore specificato per il vapore pulito di 35 µS/cm;
b. Entro errori sperimentali è coerente con il valore misurato durante il processo di validazione.

Se la conducibilità è aumentata considerevolmente rispetto al valore determinato durante la validazione, deve essere identificata la causa ed effettuata la corrispondente azione correttiva.

Misura dei gas non condensabili

La misura serve a dimostrare che il livello di gas incondensabili contenuti nel vapore sia inferiore a 3,5 ml per ogni
100 ml di acqua rimossa.
La misura può essere effettuata sul collettore del vapore di distribuzione installando l'apparecchiatura presentata in fig 2. Il procedimento è quello indicato nella EN285 sez.24.1.2

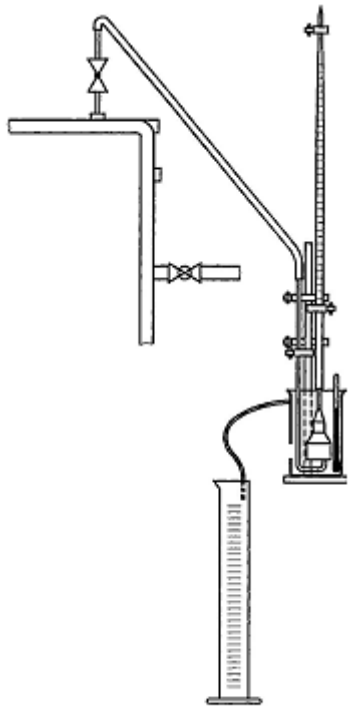


Fig. 2

Misura della secchezza del vapore

La misura della secchezza del vapore può essere fatta sul collettore del vapore di distribuzione installando l'apparecchiatura presentata in fig 3.
Il procedimento è quello riportato nella EN285 sez.24.2.2.
Attenzione che il suddetto valore non deve solo soddisfare le esigenze di sterilizzazione ma anche salvaguardare l'impianto e pertanto esso dovrà essere sufficientemente vicino al valore del saturo secco. Spirax Sarco può fornire il valore ottimale del titolo del vapore per ogni condizione di applicazione.

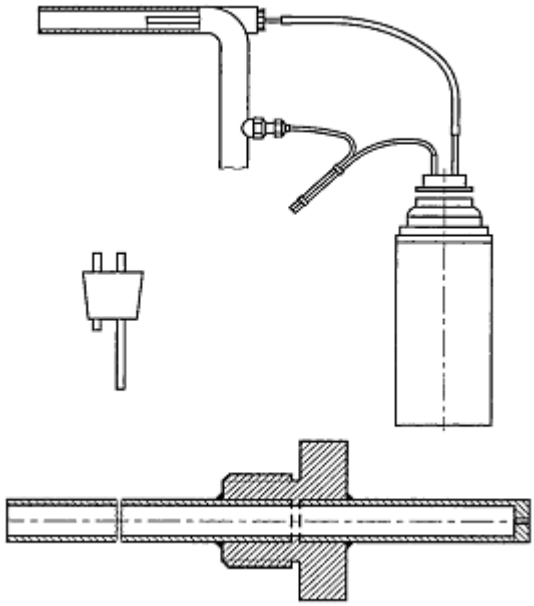


Fig. 3

Misura del surriscaldamento

La misura del grado di surriscaldamento serve a dimostrare che il vapore sia umido in modo da evitare il surriscaldamento durante l'espansione nella camera di sterilizzazione. La misura può essere fatta sul collettore del vapore di distribuzione installando l'apparecchiatura presente in fig. 4.
Il procedimento è quello riportato nella EN 285 sez. 24.3

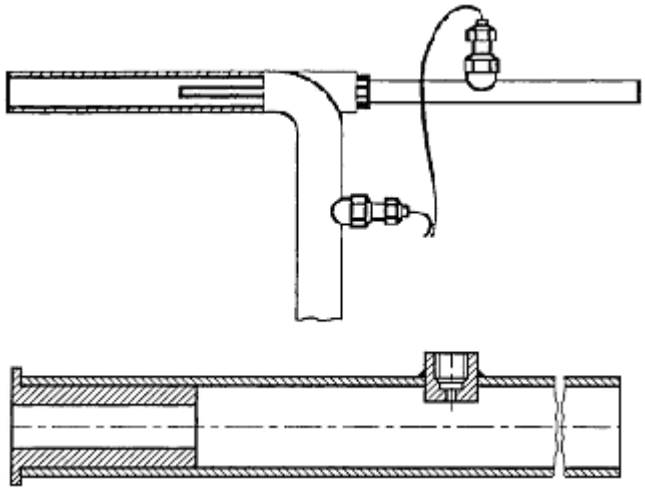


Fig. 4

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Campionamento per le analisi di laboratorio
Il metodo descritto è adatto per prelevare tutti i campioni richiesti per analisi complete di laboratorio, tra cui i test per la determinazione dei pirogeni.

Apparato

L'apparato mostrato in Fig. 5 è il sistema standard della Spirax Sarco.

Tutti i componenti, compreso il condensatore e le valvole, sono costruiti in acciaio inossidabile.

Il tubo è formato da sezioni corte, le quali sono collegate per formare la lunghezza e la configurazione richiesta. Le sezioni sono abbastanza corte da permettere ad ogni elemento di essere accuratamente pulito, sterilizzato e liberato dai pirogeni prima dell'uso.

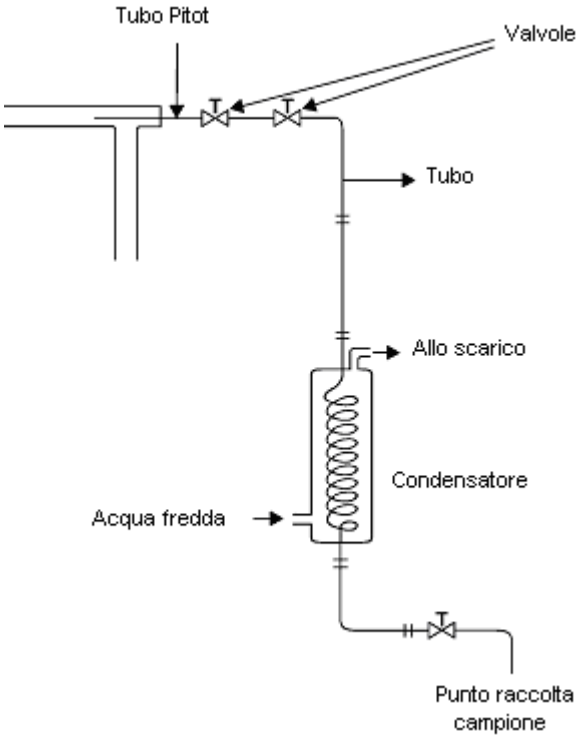


Fig. 5

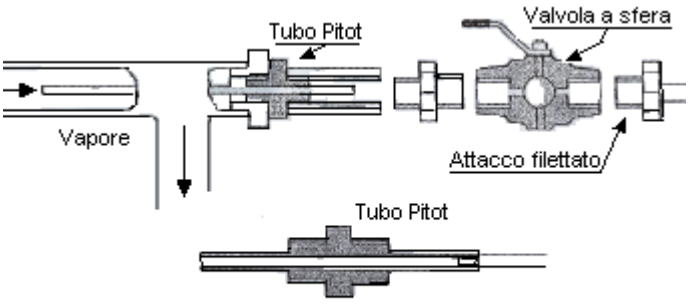


Fig. 6

Il tubo di Pitot è modificato con l'inserimento di una valvola a sfera come mostrato nella Fig. 6.

L'apparato è adatto per prelevare campioni per l'analisi di tutti i contaminanti di interesse.

Esso può essere usato per la condensa del vapore o per i campioni di acqua, lungo tutto il sistema di generazione del vapore.

In teoria c'è un rischio di contaminazione del campione da parte dei metalli che compongono l'acciaio inossidabile. Comunque, il grado dell'acciaio scelto non è più reattivo di quello usato nella costruzione dei tubi per il vapore e delle attrezzature.

Se, per qualsiasi ragione, il vapore reagisse con l'apparato di campionamento, esso avrà anche reagito con il sistema.

Metodo

Tutti i componenti in acciaio inossidabile (AISI 316L) devono essere depirogeneizzati, sottoponendoli a processo di sterilizzazione con calore secco, ad una temperatura di sterilizzazione di 180°C per 3 ore.

Se è disponibile un forno adatto, essi possono essere, in alternativa, infornati a 250°C per 30 minuti (le sterilizzatrici a calore secco non possono raggiungere questa temperatura).

Pulire e preparare le bottiglie per i campioni seguendo le istruzioni date dal laboratorio ricevente. Normalmente, due gruppi sono usati per i campioni di vapore e uno per i campioni di controllo. Assicurarsi che le bottiglie siano etichettate come segue:

Ogni contenitore deve essere chiaramente etichettato, con scritte leggibili, e con un'etichetta resistente all'acqua. Il laboratorio deve fornire le etichette e le istruzioni adatte.

L'informazione che deve essere annotata normalmente includerà:

a. In quale impianto è stato prelevato il campione;
b. La data e l'ora in cui il campione è stato prelevato;
c. Il nome della persona che ha prelevato il campione;
d. Una chiara identificazione di materiali a rischio presenti (acidi etc. usati come elementi di conservazione);
e. e ancora: Un numero di riferimento, che chiaramente sia rappresentativo delle seguenti informazioni;
f. Il punto di campionamento: La natura del campione (es. vapore condensato);
g. I contaminanti per i quali il campione

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

deve essere analizzato;

h. Qualsiasi trattamento di conservazione;
i. Note su qualsiasi osservazione che potrebbe influire sull'analisi.

Aprire la valvola del fluido refrigerante. Aprire la valvola sul Pitot.
Il vapore si condenserà nella spirale e la condensa uscirà dall'estremità del tubo: controllare che sia priva di rievaporazione e che la sua temperatura non superi 30-35°C.
Lasciare che i primi 50 ml di condensa vengano scaricati e poi raccogliere i campioni nelle prime due serie di bottiglie.
La terza serie di bottiglie deve essere riempita di acqua distillata di qualità nota, la quale deve essere preservata ed analizzata nella stessa maniera delle due serie di campioni di vapore.
Questi campioni di controllo negativo forniscono l'evidenza che la scelta del contenitore, il sistema di pulizia e di conservazione sono giusti.

Trattamento dei campioni per analisi di laboratorio

Non appena il campione di vapore o di acqua è stato prelevato, è importante che le sue proprietà fisiche, chimiche e biologiche restino stabili fino al loro arrivo al laboratorio di analisi.
Le condizioni nelle quali il campione deve essere mantenuto sono determinate dai tipi di contaminanti che si vogliono analizzare.
Il materiale del contenitore del campione è anche importante, dal momento che esso può interagire con le sostanze dell'acqua; la plastica è adatta per alcuni parametri, il vetro per altri.
Il laboratorio che effettua l'analisi fornirà tutti i contenitori necessari, gli elementi conservativi e le etichette con le complete istruzioni sul loro uso.
Non c'è nessun materiale adatto a tutti i contaminanti di interesse.
I contenitori possono essere fatti di polietilene, polistirene, polipropilene, vetro o vetro borosilicato.
Il laboratorio ricevente dovrebbe fornire i contenitori appropriati con le complete istruzioni per il loro uso.
Ogni tipo di contenitore richiede un diverso procedimento di pulizia per assicurare che i campioni non siano contami- nati da residui.
Ancora, devono essere seguite le istruzioni del laboratorio ricevente. Seguire le istruzioni del laboratorio per riempire e chiudere le bottiglie.
Molte bottiglie devono essere completamente riempite e poi tappate o incapsulate per assicurare che la minore aria possibile rimanga sulla superficie del campione.
Un piccolo spazio di aria deve essere lasciato sulla superficie dei campioni che devono essere congelati.

Conservazione dei campioni

Lo scopo della conservazione è di trasferire il campione al laboratorio in modo che mantenga la concentrazione e lo stato dei contaminanti di interesse invariati dal momento in cui il campione viene prelevato.
Possono esserci molte interazioni che possono modificare il campione. Il contaminante di interesse può:

a. Polimerizzarsi o, se è già un polimero, depolimerizzarsi;
b. Reagire con altri componenti del campione;
c. Reagire con l'ossigeno atmosferico o con il biossido di carbonio che si dissolvono nel campione;
d. Venire consumato, modificato o prodotto in più alte concentrazioni da microorganismi che crescono nel campione; reagire o essere assorbito dal materiale di cui è formato il contenitore
e. Il grado secondo il quale queste ed altre reazioni possono modificare il campione è una funzione di diversi fattori. Lo stesso campione, e la dimensione e la natura di qualsiasi contaminante presente, determinano quali reazioni e cambiamenti possono avvenire. Quanto più un campione è contaminato, tanto più verosimilmente ci possono essere dei cambiamenti. La temperatura durante il trasporto e l'immagazzinamento, l'esposizione alla luce, il materiale di cui è costituito il contenitore e qualsiasi precauzione speciale usata nella preparazione del contenitore ed il tempo trascorso prima dell'analisi, possono avere un effetto significativo.

Mentre è preferibile che tutti i campioni vengano raffreddati (normalmente a 2-5°C), alcuni richiedono l'aggiunta di un acido conservativo ed altri hanno bisogno di essere congelati. Il laboratorio ricevente deve specificare il trattamento di conservazione per ogni contenitore e fornirà reagenti adatti, dove necessario.
Pochi trattamenti di conservazione per i contaminanti specificati per il vapore pulito, sono validi per più di 24 ore, ed alcuni per un tempo molto minore.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Un invio ed un'analisi tempestivi sono dunque essenziali.
I campioni devono essere confezionati in modo sicuro, in contenitori che forniscano una protezione adatta per la rottura o per la contaminazione esterna, durante il trasporto. I contenitori dovrebbero essere tenuti il più possibile al fresco durante il trasporto.
Per il trasporto di piccole quantità di campioni, casse frigorifere di uso domestico forniscono una protezione ed un raffreddamento adeguati.
Il contenitore per il trasporto deve essere accompagnato da una lista dei campioni che contiene, ed una copia deve essere conservata. La lista deve essere sufficientemente chiara per permettere la identificazione di ciascun campione.

Analisi da effettuare sui campioni

Introduzione

La qualità di un campione di acqua non può essere giudicata solamente da un'ispezione visiva.
Per determinare se un campione di vapore rispetta i requisiti del vapore pulito è necessario effettuare i test per tutti i contaminanti di interesse.
I laboratori che effettuano questi test devono essere autorizzati ed accreditati.
Come visto in precedenza il test per la conducibilità elettrica può essere fatto in campo come pure il test per l'acidità o l'alcalinità.

Registrazione dei risultati

Il rapporto ottenuto dal laboratorio per ogni test deve contenere le seguenti informazioni:

a. L'esatta identità del campione di acqua;
b. La data e l'ora in cui il campione è stato ricevuto;
c. La data e l'ora in cui il test è cominciato;
d. Le condizioni di immagazzinamento se (b) e (c) non corrispondono alla stessa data;
e. Il contaminante per il quale il campione è stato analizzato;
f. Per i test non quantitativi, una dichiarazione che specifichi se il risultato è conforme alla specifica;
g. Per i test quantitativi:
   (I) Il valore numerico espresso nell'unità specificata per ognuna delle misure duplicate;
   (II) La media dei risultati delle misure duplicate e l'intervallo di incertezza associato al risultato finale; una descri- zione di qualsiasi pretrattamento dei campioni;
h. Una descrizione del metodo usato, compreso un riferimento alle attrezzature, agli standard di calibrazione, ecc.
i. Qualsiasi deviazione dal metodo o altri fattori che potrebbero ragionevolmente influenzare il risultato ottenuto; il certificato deve essere firmato sia dall'analista responsabile delle misure sia dall'analista addetto al controllo di qualità, responsabile della verifica del rapporto.

Metodi vari

Per definire i valori numerici della tebella 2 precedente, i laboratori possono offrire vari metodi di analisi con diverse condizioni di accuratezza e sensibilità. (Questi metodi sono generalmente più costosi dei test di seguito indicati che si riferiscono ai metodi accettati dalla farmacopea europea).
Analisti con esperienza e laboratori attrezzati, possono fornire e suggerire tecniche analitiche con strumentazione moderna.

a. Il limite della misura degli strumenti che deve essere sempre più basso del limite specificato per il contaminante;
b. L'accuratezza del metodo di misura;
c. La presenza di sostanze interferenti nei campioni che devono essere testati.

Osservazioni sui test

Dal momento che ci sono diversi modi in cui possono essere presentati i risultati numerici di qualsiasi analisi l'utilizzatore deve specificare che i risultati devono essere espressi nelle unità di misura usate nella specifica del vapore pulito, in modo che il vapore possa essere prontamente paragonato alla specifica.
Le sezioni seguenti danno un'informazione di base sull'interpretazione dei risultati di alcuni dei test sul vapore pulito e spiegano le loro interrelazioni.

Residui di evaporazione (=30 mg / litro)

I livelli di alcune delle impurità sono espressi come milligrammi al litro (mg litro^{-1}).
Un'unità alternativa che si trova occasionalmente è di milligrammi al chilogrammo (mg kg^{-1}), unità che corrisponde esattamente al ppm (parti per milione).
Dal momento che un litro di acqua pura ha una

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

massa di circa un chilogrammo, queste unità possono essere considerate numericamente equivalenti per la condensa del vapore.
Quindi:

1 mg litro^{-1} = 1 mg kg^{-1} = 1 ppm = 0,0001% della massa

Alternativamente, le concentrazioni possono essere espresse in mole o in millimole al litro (mol litro^{-1}, mmol litro^{-1}), dove una mole è equivalente al numero di entità di Avogadro (atomi, molecole o ioni).
Una concentrazione di una mole al litro è conosciuta come una soluzione "molare" (M).
Per convertirla in una concentrazione di massa, è richiesta la relativa massa molecolare (RMM, formalmente conosciuta come "peso molecolare") dell'entità.
Perciò:

[Concentrazione di massa / mg litro^{-1}] = [RMM / g mol^{-1}] [concentrazione molare / mmol litro^{-1}]

È importante comprendere precisamente cosa rappresenti la concentrazione riportata, dal momento che le stesse unità sono spesso usate in diversi modi per esprimere i risultati della stessa procedura analitica.
Per esempio, nella determinazione del fosfato, i risultati possono essere riportati come mg litro^{-1} di P, P_2 O_5, o PO_4. Sebbene i tre valori saranno differenti, essi rappresentano lo stesso risultato sperimentale.
La somma delle concentrazioni delle singole specie di ioni deve sempre essere minore della concentrazione dei solidi totali disciolti (misurati come residui dell'evaporazione).
Comunque, i dati dei residui devono essere coerenti con la conducibilità elettrica.

Analisi di laboratorio

I risultati delle analisi dei campioni di condensa di vapore devono essere conformi a quanto indicato nelle tabella 1
della specifica V.010.
I test qui riportati sono uguali a quelli previsti per acqua sterilizzata dalla farmacopea Europea e devono essere fatti solamente da personale e laboratori preparati.

Alcuni test sono del tipo passa o non passa cioè di tipo qualitativo.

- Acidità o alcalinità

Come abbiamo visto un pH di 7,0 rappresenta una soluzione neutra, mentre un pH ≤7 richiede che il campione sia acido.

Questo è inaccettabile per la condensa del vapore, dato che condizioni di acidità favoriscono la corrosione dei materiali.

Per questa ragione la specifica sul vapore corrisponde ad un PH da 6,8 a 8,4.
A 20 ml aggiungere 0,05 ml di soluzione rosso fenolo.
Se la soluzione è gialla, essa diventa rossa con l'aggiunta di 0,1 ml di 0,01 M di idrossido di sodio; se è rossa , essa diventa gialla con l'aggiunta di 0,15 ml di 0,01 M di acido cloridrico.

- Ammonio (0,2 ppm)

A 20 ml aggiungere 1 ml di soluzione alcalina di tetraiodomercurato di potassio e lasciarla riposare per 5 minuti. Osservata verticalmente, la soluzione non deve risultare più intensamente colorata di una soluzione preparata contemporaneamente aggiungendo 1 ml di soluzione alcalina di tetraiodomercurato di potassio a una miscela di 4 ml di soluzione standard di ammonio (1 ppm NH_4) e 16 ml di acqua libera da ammonio (0,2 ppm).

- Calcio e magnesio

A 100 ml aggiungere 2 ml di soluzione tampone di ammonio a pH 10, 0,50 mg di nero mordente 11 triturato e 0,5 ml di 0,01 M di sodio EDTA. Si deve ottenere un colore blu puro.

- Metalli pesanti (0,1 ppm)

Nel test per i metalli pesanti, il campione è concentrato di un fattore pari a 10, e poi calibrato contro una soluzione standard che comprende 1 mg/litro di ioni di piombo.
Il test fallisce se il campione contiene una sufficiente concentrazione di metalli pesanti, così da produrre un colore marrone più intenso rispetto alla soluzione standard soggetta allo stesso test.
Il colore non è facile da distinguere, perciò il test dovrebbe essere effettuato in condizioni di illuminazione ben controllata.
Se il test dei metalli pesanti, viene eseguito secondo la procedura indicata ovvero per contrasto con una soluzione standard di 1 mg/litro di ioni di piombo (soluzione concentrata 10 volte per evaporazione) il test non fornisce indicazioni per identificare i singoli metalli in quanto alcuni di essi non sono rilevabili al di sotto a 1 mg/litro.
La Tavola 4 mostra il risultato di un lavoro sperimentale per determinare la sensibilità del test ai vari metalli. Questa mostra che solamente il piombo, il rame e l'argento possono essere identificati nel limite di 0,1 mg/litro, il mercurio può essere identificato solo a 1,5 mg/litro.
Il cadmio e lo zinco danno un colore giallo pallido (ma non marrone) a 0,6 mg/litro, e lo zinco dà un'opalescenza bianco pallido a 1,2 mg/litro.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Il test è insensibile all'antimonio, al ferro, al nichel, al cobalto, al manganese ed allo stagno.

Tavola 4 Sensibilità del test ai metalli pesanti

Metallo	Concentrazione nel campione mg/lt
Piombo	0,1
Rame	0,1
Argento	0,1
Bismuto	0,6
Mercurio	1,5

La tavola dà la concentrazione di ogni metallo che causa la stessa reazione di 0,1 mg/litro di piombo.

Dunque non è possibile esprimere la cifra di 0,1 mg/litro come una somma equivalente di concentrazioni di ogni singolo metallo.

Per questa ragione il test non può essere sostituito da test quantitativi più precisi per i singoli elementi.

Test

In un contenitore di vetro, evaporare acqua di analisi da 150 ml a 15 ml. Su dodici ml della soluzione ottenuta effettuare il test che segue sul limite dei metalli pesanti.

Usare la soluzione standard di piombo (1 ppm Pb) per preparare lo standard (0,1 ppm) di riferimento.

Test sul limite per i metalli pesanti

Ai 12 ml della soluzione acquosa aggiungere 2 ml di soluzione tampone di acetato a pH 3,5, mescolare, aggiungere 1,2 ml di reagente thioacetamide, mescolare immediatamente e lasciar riposare per 2 minuti.

Qualsiasi colorazione marrone ottenuta non è più intensa di quella ottenuta trattando allo stesso modo una miscela di 10 ml di una soluzione standard di piombo (1 ppm Pb), o di una soluzione standard di piombo (2 ppm Pb), come prescritto, e 2 ml della soluzione esaminata.

La soluzione standard mostra un leggero colore marrone, quando viene paragonata ad una soluzione preparata trattando allo stesso modo una miscela di 10 ml di acqua e 2 ml della soluzione esaminata.

Cloruro (0,5 ppm)

Si Utilizza una miscela di 1,5 ml di soluzione standard di cloruro (5 ppm Cl) e 13,5 ml di acqua per preparare lo standard. Si esaminano le soluzioni lungo l' asse verticale delle provette.

Test sul limite dei cloruri.

Ad una soluzione, contenente una quantità definita della sostanza da esaminare in 15 ml d'acqua o su 15 ml della soluzione prescritta, aggiungere 1 ml di 2 M di acido nitrico, versare la miscela in 1 ml di soluzione di nitrato d'argento e lasciar riposare per 5 minuti, protetta dalla luce.

Quando viene osservata trasversalmente su uno sfondo nero, qualsiasi opalescenza prodotta non deve essere più intensa di quella osservata trattando una miscela di 10 ml di soluzione standard di cloruro (5 ppm Cl) e 5 ml di acqua allo stesso modo.

Nitrato (0,2 ppm)

In una provetta immersa nel ghiaccio, a 5 ml di campione aggiungere 0,4 ml di una soluzione di cloruro di potassio al 10%, 0,1 ml di soluzione di difenilamina e 5 ml di acido solforico, facendo attenzione alla fuoriuscita di gocce nell'agitarlo.

Trasferire la provetta in un bagno di acqua a 50 °C e lasciare riposare per 15 minuti.

Qualsiasi colorazione blu della soluzione non deve essere più intensa di quella di una soluzione preparata allo stesso modo, usando una miscela di 4,5 ml di acqua libera da nitrato e 0,5 ml di soluzione standard di nitrato (2 ppm NO3).

Solfato

A 10 ml di campione aggiungere 0,1 ml di 2 M di acido idrocloridrico e 0,1 ml di soluzione di cloruro di bario R1. La soluzione non deve mostrare cambiamenti nell'aspetto per almeno 1 ora.

Sostanze ossidabili

Bollire 100 ml di campione con 10 ml di 1 M di acido solforico, aggiungere 0,2 ml di 0,02 M di permanganato di potassio e bollire per 5 minuti. La soluzione deve rimanere di un rosa delicato.

Fosfati e Silicati.

Questi contaminanti si differenziano dagli altri in quanto non sono elencati nella specificazione della farmacopea dell'acqua sterile.

Un metodo che può essere utilizzato è quello spettroscopico per i fosfati ed i silicati. I fattori di conversione per le differenti espressioni del fosfato sono le seguenti:

1,00 mg litro^{-1} P = 3,07 mg litro^{-1} PO_4 = 4,58 mg litro^{-1} P_2O_5.

Residui di evaporazione (≤ 30 ppm)

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

In un contenitore evaporare 100 ml di campione fino alla secchezza ed asciugare il residuo a 100°C - 105°C.
Per i contenitori con un volume nominale di 10 ml o meno, il peso del residuo non deve essere più di 4 mg (0,004%)
e per i contenitori con un volume nominale maggiore di 10 ml, il residuo non deve pesare più di 3 mg (0,003%).

Conducibilità elettrica
L'acqua pura, che non contiene ioni, eccetto l'H^+ e l'OH^- (formata dalla dissociazione dell' H2O), non è un conduttore di elettricità.
Qualsiasi specie ionica disciolta darà origine alla conducibilità del campione dell' acqua.
La misura della conducibilità, perciò, fornisce un semplice metodo per misurare la concentrazione delle specie ionica.
Ecco perché la conducibilità è così utile nella valutazione della qualità del vapore.
L'unità SI di conduttanza (inverso della resistenza) è il siemens (S) il quale ha le stesse dimensioni della vecchia unità, mho (o reciproco di ohm). L'unità SI di conduttività è il siemens al metro (S/m), ma l'unità pratica per le soluzioni acquose (e l'unità usata qui) è il microsiemens al centimetro (µS /cm).
Questo dà un valore numerico della conducibilità, che è lo stesso ordine di grandezza della concentrazione di specie disciolte di ioni, espressa in milligrammi al litro.
Una serie di fattori influenza la misura della conducibilità. Questi comprendono:

a. Le specie ioniche presenti (i tipi di ioni e con che legge si idratano);
b. La polarizzazione; i gas prodotti sulla superficie degli elettrodi aumentano la resistenza elettrica e riducono rapidamente la corrente vicino allo zero. Questo viene evitato con l'uso di una tensione alternata, che previene la formazione di gas sugli elettrodi;
c. La temperatura; la relazione con la conducibilità non è lineare. La compensazione della temperatura è essenziale.

Quando un campione di acqua contiene in predominanza solidi ionizzabili in soluzione, e la composizione dei vari costituenti è ragionevolmente costante, la conducibilità è proporzionale alla concentrazione dei solidi totali dissolti (TDS), per concentrazioni maggiori di 10000 mg/litro.
Pertanto attraverso la misura di conducibilità si può risalire è al TDS in mg/litro moltiplicandola per un fattore sperimentale di conversione.

Pirogeni
Nei test per i pirogeni, il campione di acqua è incubato con un reagente conosciuto come LAL (Limulus amoebocyte lysate) derivato dal granchio reale, Limulus polyphemus.
Se si forma un grumo, la quantità di endotossine nel campione può essere valutata in base alla sensibilità conosciuta del lisato.
Il limite della sensibilità del metodo è pari a 0,03 EU/ml.(EU=unità di endotossine)
L'aggiunta di una soluzione contenente endotossine ad una soluzione di lisato produce torbidità, precipitazione o congelamento della miscela.
Il tasso di reazione dipende dalla concentrazione di endotossine, dal pH e dalla temperatura.
La reazione richiede la presenza di alcuni cationi bivalenti, di un sistema di coagulazione degli enzimi e di una proteina coagulabile che sono forniti dal lisato.
Conoscendo la sensibilità del lisato di riferimento si determina la concentrazione di endotossine. Prima di effettuare il test delle endotossine sul campione, è necessario verificare:
a. Che l'attrezzatura usata non assorba endotossine;
b. La sensibilità del lisato;
c. L'assenza di fattori di interferenza.
Il test deve essere effettuato in modo da evitare la contaminazione da microbi. Se necessario, trattare le attrezzature per eliminare le endotossine.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

SISTEMI DI CONTROLLO AVANZATO A SUPPORTO DELLA QUALITA' DEL VAPORE PULITO AD USO SANITARIO ED ALIMENTARE*

Introduzione

Il vapore utilizzato per il servizio sanitario ed alimentare deve presentare buone caratteristiche di purezza per garantire la migliore affidabilità del processo per il quale viene impiegato.
Una definizione precisa di vapore "pulito" non esiste a livello legislativo e questo comporta un ampio range di variabilità relativamente alla composizione chimica e alla percentuale delle particelle di acqua trascinate riferita alla massa di vapore.
Il controllo della qualità del vapore risulta di grande importanza per evitare la contaminazione dei cibi e l'eventuale alterazione dei contenitori in campo alimentare e per la sterilizzazione in campo sanitario, evitando, in quest'ultimo caso, fenomeni di corrosione relativamente agli strumenti chirurgici da trattare.
Un aspetto importante nella conduzione degli impianti per la produzione di vapore è il controllo della qualità e della quantità delle particelle di acqua che vengono trasportate durante il processo di evaporazione.
Attualmente è possibile contenere la portata di particelle trascinate entro limiti stabiliti solo nella fase stazionaria del processo.
La richiesta di una portata istantanea elevata dell'utenza comporta un aumento del trascinamento dovuto alla formazione del vapore di flash, conseguente ad un repentino calo di pressione all'interno del generatore.
Per contenere il trascinamento delle gocce entro i limiti imposti, anche nel caso di incrementi improvvisi di portata richiesta all'utenza, è necessario un sistema di regolazione esperto che, attraverso il controllo di alcune variabili di processo, permetta di contenere le variazioni di pressione all'interno di un range che viene definito in relazione all'intensità del trascinamento delle goccioline stesse.
Questo riduce la quantità e la dimensione delle particelle che vengono prodotte in fase di formazione di vapore di flash e in seguito trascinate dal flusso di vapore.

Normativa e regolamentazione

La legislazione prevede che il vapore utilizzato ad uso alimentare e sanitario sia pulito, ma non definisce il senso esatto del termine.
La direttiva 93/43/CEE del Consiglio, del 14 giugno 1993, sull'igiene dei prodotti alimentari, afferma che *"Il vapore direttamente a contatto con i prodotti alimentari non deve contenere alcuna sostanza che presenti un rischio per la salute o possa contaminare il prodotto".*
Dalla definizione fornita si desume la mancanza di una adeguata regolamentazione che stabilisca i valori limite dei componenti presenti all'interno del vapore in modo che possa essere considerato "pulito" e, quindi, non dannoso per la salute, nell'industria alimentare e non corrosivo, con particolare riferimento all'uso in ambito sanitario.
Questa carenza comporta un'interruzione nel percorso di tracciabilità del ciclo di vita del prodotto alimentare perché non permette di stabilire l'entità della contaminazione che l'alimento, eventualmente subisce nella fase di in cui entra a contatto con il vapore. L'unico controllo necessario, a termini di legge, deve essere effettuato sull'acqua di alimento, mentre viene rilevato il titolo di salinità dell'acqua spurgata, allo scopo di definirne la portata. I limiti relativi all'acqua di alimento sono indicati all'interno della normativa UNI alla quale si riferisce l'Autorità di Controllo per effettuare le verifiche sugli impianti di generazione del vapore.

Il controllo del vapore

Le particelle di acqua trascinate in seno alla corrente di vapore hanno, ovviamente, la composizione dell'acqua del generatore e contengono sostanze in grado di dare luogo a reazioni che possono causare l'usura, particolarmente nel caso della sterilizzazione.
Infatti si nota spesso come le particelle di acqua trasportate dal vapore possano produrre un attacco acido sui contenitori metallici usati in campo alimentare e sugli strumenti chirurgici sottoposti a sterilizzazione.

- *In collaborazione con Università degli Studi di Bologna, Facoltà di Ingegneria, Dipartimento D.I.E.M. Prof. Cesare Saccani*

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Analogamente, la presenza di particelle inquinate, provoca il danneggiamento dei componenti e degli strumenti che costituiscono l'impianto di generazione del vapore e comportano, quindi, interventi frequenti di manutenzione.
In figura 1 ed in figura 2 sono riportate le immagini relative a fenomeni di corrosione di acciaio causate da particelle di acqua.
Per limitare la corrosione e il rischio di inquinamento del prodotto è necessario realizzare un controllo sulla qualità del vapore agendo sui parametri che determinano l'intensità del trascinamento delle gocce fin dalla fase di generazione del vapore.

L'entità del fenomeno di corrosione, causato dalle particelle di acqua trasportate dal vapore, dipende da:

1) ***Composizione chimica delle particelle di acqua trascinate***
2) ***Portata di particelle trascinate***

L'analisi sulla qualità del vapore viene effettuata trattando separatamente questi due aspetti.

Controllo sulla composizione chimica delle particelle trascinate

Per evitare che la concentrazione di sostanze

Fig. 1: Processo di corrosione in un acciaio legato a causa del contatto con particelle di acqua trasportate da un flusso di vapore ad alta velocità.

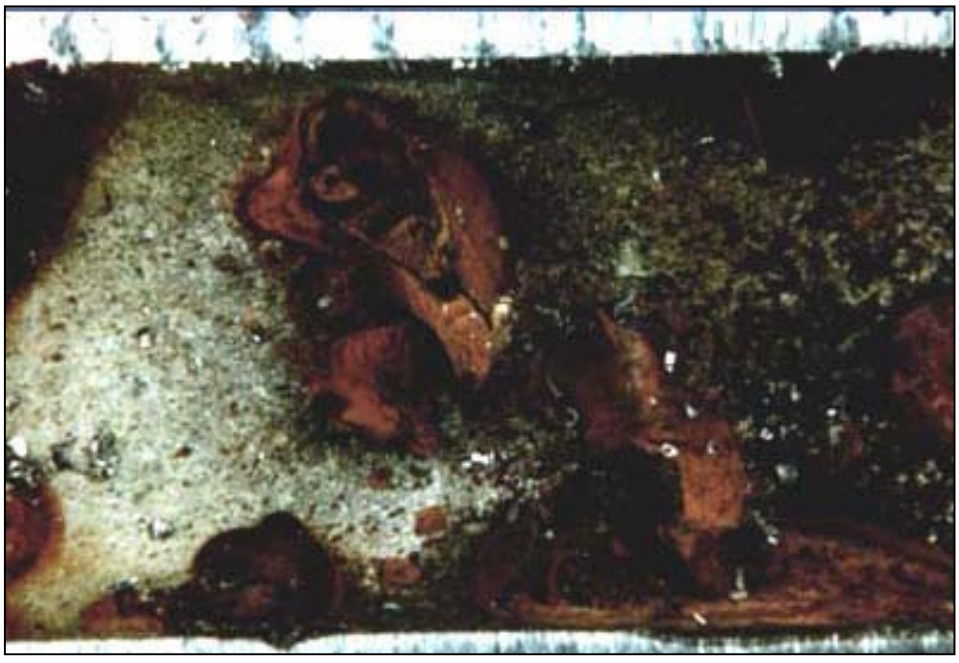


Fig. 2: Effetto della corrosione chimica delle particelle di acqua trascinate in tubazioni in acciaio.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

inquinanti superi i limiti prefissati si agisce in due direzioni:

- Sul trattamento dell'acqua di alimento

- Sul controllo del TDS (Tasso di Salinità) allo spurgo

I processi di trattamento dell'acqua di alimento per generatori di vapore indiretti possono variare in relazione al limite di concentrazione che si vuole ottenere.
In questo caso il trattamento dell'acqua di alimento consigliato avviene tramite un addolcitore a scambio ionico, un purificatore ad osmosi inversa e un degasatore (figura 3).
L'addolcitore a scambio ionico effettua un primo trattamento per l'abbattimento della durezza dell'acqua, mentre i sali che si formano vengono separati tramite un purificatore ad osmosi inversa.
Il degasatore permette la separazione e lo spurgo di gas presenti nell'acqua di alimento.
Con questo trattamento, la composizione chimica dell'acqua di alimento è caratterizzata da concentrazioni ridotte di sali con valori compresi tra i *5 e i 10 ppm*.
Naturalmente le particelle che si distaccano dalla superficie evaporante e che vengono trascinate dal vapore non presentano questa concentrazione, ma quella dell'acqua del generatore, considerata alla stessa condizione dell'acqua dello spurgo.
L'acqua del generatore, infatti, contiene una quantità di sali superiore rispetto all'acqua di alimento, in quanto a quest'ultima viene sottratto il vapore, che per definizione, è sostanza pura.

Questo significa che il trattamento dell'acqua di alimento risulta importante ma non sufficiente a limitare la quantità di sostanze inquinanti contenuta nelle particelle trascinate.
Pertanto si introduce un controllo sul tasso di salinità allo spurgo che integra necessariamente il trattamento imposto all'acqua in ingresso.
Il controllo del TDS, influendo sulla quantità di acqua spurgata, contribuisce a mantenere la concentrazione di inquinanti della fase liquida all'interno del generatore a valori relativamente bassi.
Il TDS viene espresso solitamente in parti per milione (ppm).

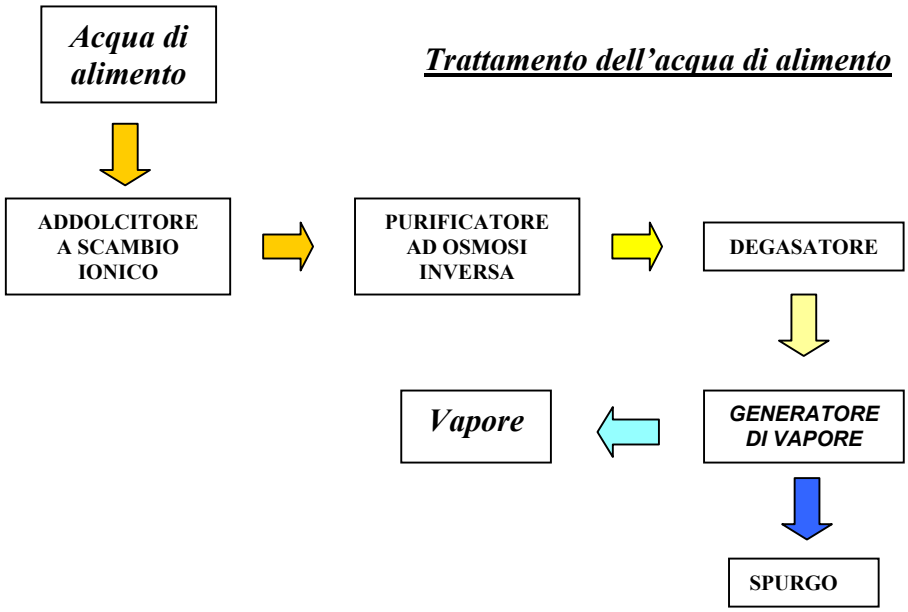


Fig. 3: Trattamento dell'acqua di alimento per limitare la quantità di sali che si accumula nell'acqua del generatore e che viene conseguentemente trascinata dalle particelle di acqua presenti nel vapore.

In particolare si definisce:

- **TDSa:**la concentrazione di sali disciolti nell'acqua di alimento.

- **TDSg:** la concentrazione di sali disciolti nell'acqua del generatore

- **TDSs:** la concentrazione di sali disciolti nell'acqua prelevata per lo spurgo

E' ovvio ritenere, supponendo le sostanze disciolte nell'acqua omogeneamente disperse nella fase liquida, che il tasso di salinità all'interno del generatore sia lo stesso all'interno dello spurgo:

TDSg = TDSs = TDS

Dal bilancio di massa relativo ai sali in ingresso ed in uscita dal generatore è possibile stabilire la

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

relazione che lega la portata di acqua di alimento e la portata di acqua di spurgo.
Posto:

Ga = Portata in massa di acqua di alimento
Gv = Portata in massa di vapore prodotto
Gs = Portata in massa di acqua di spurgo

si ha che l'equazione di bilancio, applicata su un generatore indiretto orizzontale (la trattazione ha validità anche per i generatori verticali), è:

$$Ga * TDSa = Gv * 0 + Gs * TDS$$

Il sistema di regolazione effettua la rilevazione della concentrazione di sali dell'acqua di spurgo TDS attraverso la misura di conducibilità elettrica. Il valore di conducibilità rilevato viene corretto in relazione alla temperatura dell'acqua di spurgo (la conducibilità è dipendente dalla temperatura).
Per caratterizzare l'ordine di grandezza dei parametri citati si considera il seguente calcolo relativo ad un generatore verticale con portata in massa di vapore di

Gv = 400 kg/h.

L'acqua di alimento utilizzata nel generatore è

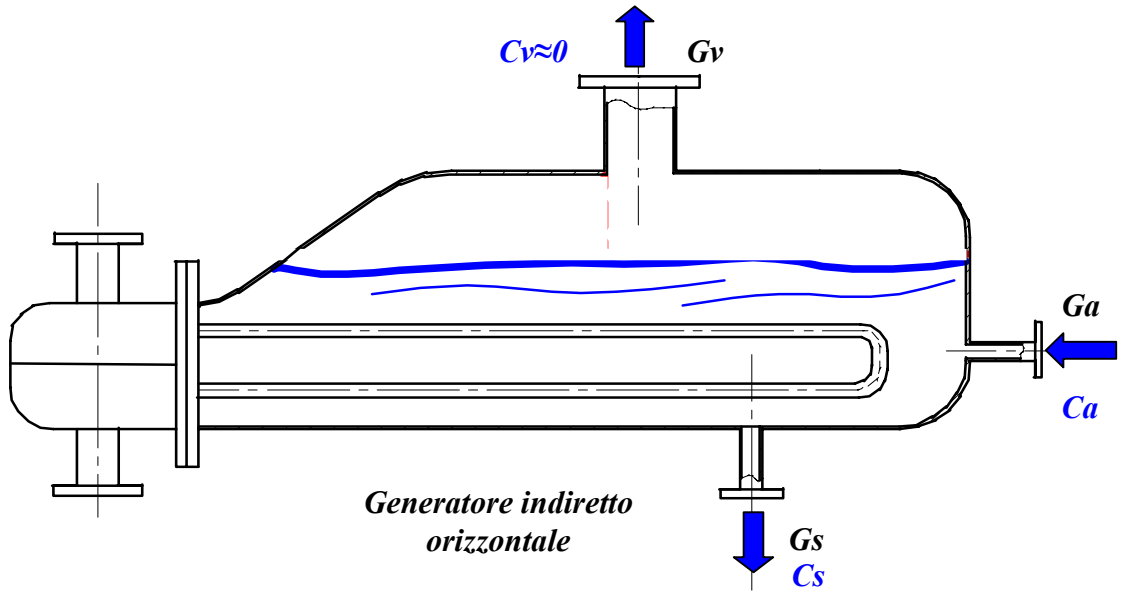


Fig. 4: Rappresentazione delle portate in massa che intervengono nel processo di generazione del vapore e dei tassi di salinità per un generatore indiretto con scambiatore ad asse orizzontale.

Si noti che il termine Gv viene moltiplicato per zero trattandosi di sostanza pura. Dall'equazione si ricava la relazione tra le concentrazioni di sali e le portate in massa in ingresso ed in uscita dal generatore:

$$Ga/Gs = TDS/TDSa$$

Utilizzando il bilancio di massa relativo all'acqua si determina la relazione tra le portate massiche:

$$Ga = Gv + Gs$$

Dalla soluzione del sistema composto dalle due equazioni di bilancio, essendo nota la portata di vapore Gv, come dato di progetto, avendo imposto il rapporto tra le concentrazioni di sali che rappresenta il set-point dello strumento preposto al controllo della salinità, si determinano la portata di spurgo e la portata di alimento.

$$Ga/Gs = TDS/TDSa$$
$$Ga = Gv + Gs$$

trattata attraverso un processo ad osmosi inversa con il quale si ottiene una concentrazione di sali pari a:

TDSa = 10 ppm.

Il tasso di salinità dell'acqua del generatore per la produzione di vapore pulito, viene preso pari a:

TDS = 500 ppm

Il rapporto tra le concentrazioni saline dell'acqua di alimento e dell'acqua del generatore vale:

TDSa/TDS = 10//500 =1/50 = Gs/Ga

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

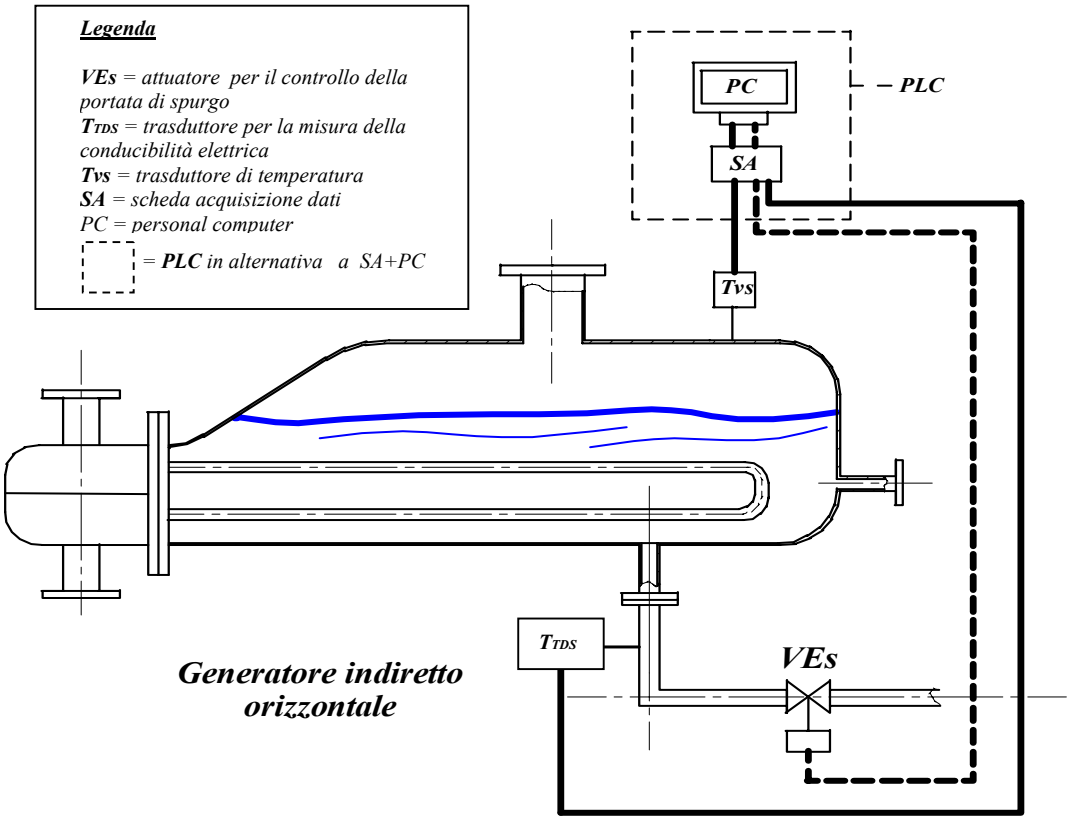


Fig.5: Schema di regolazione per controllare il tasso di salinità (TDS) dell'acqua all'interno del generatore. La rilevazione del TDS dell'acqua del generatore avviene attraverso la misura di conducibilità elettrica dell'acqua, in base alla temperatura.

Questo significa che la portata di spurgo è pari al 2% della portata di alimento.
Le portate per mantenere il rapporto tra le concentrazioni di 1/50, vengono ricavate dal sistema di equazioni di bilancio e valgono:

Ga = 408.163 kg/h
Gs = 8.163 kg/h

Controllo sulla quantità di particelle di acqua trasportate dal vapore: *il trascinamento*

Il fenomeno del trascinamento si inizia all'interno del generatore di vapore in prossimità della superficie evaporante.
Il flusso di vapore, provocando l'ebollizione della massa liquida, tende a strappare dal pelo libero particelle di acqua in fase liquida e a trascinarle fuori dal generatore.
L' entità del trascinamento dipende essenzialmente da due parametri:

- *la **velocità del vapore (Vg)** in prossimità della superficie evaporante*
- *la **pressione del vapore saturo (Pvs)** all'interno del generatore.*

In ***caso statico***, quando la richiesta da parte dell'utenza rimane costante, si dimensiona il generatore affinché mantenga la quantità di particelle trascinate dal vapore in uscita entro il limite desiderato per l'applicazione.
In ***caso dinamico***, in presenza di un incremento repentino di carico, si inducono aumenti di velocità e decrementi di pressione che comportano la generazione di un numero elevatissimo di particelle le quali vengono trascinate dal vapore che pertanto risulta pesantemente inquinato.
La necessità di garantire una qualità elevata del vapore per alcuni tipi di applicazioni anche in caso di variazioni repentine di richiesta all'utenza, ha portato alla ricerca di soluzioni che traggono origine dall'analisi di curve sperimentali che esprimono l'entità dei trascinamenti in relazione alle caratteristiche di pressione e velocità del vapore all'interno del generatore.
Le curve sono il risultato di sperimentazioni effettuate su generatori indiretti e sono riferite a diverse quantità di particelle trascinate espresse in percentuale rispetto alla portata di alimento. Il calcolo della velocità Vg del vapore risulta differente per le due tipologie di generatori indiretti analizzati (orizzontali e verticali) per la diversa conformazione geometrica.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Per i generatori con scambiatore verticale, la velocità del vapore secondario viene determinata attraverso il rapporto tra la portata volumetrica di vapore e la superficie evaporante.

Vg = Q / S (generatori verticali)

Per generatori con scambiatore ad asse orizzontale il calcolo della velocità considera la componente normale alla superficie evaporante e la componente parallela ad essa.

Gt = portata massica di acqua trascinata
Gv = portata massica di vapore
Gm = portata massica di miscela (acqua e vapore)
X = titolo della miscela.

Le curve rappresentate mostrano trascinamenti in aumento spostandosi verso velocità e pressioni crescenti.
Infatti dall'osservazione del grafico (fig.7) si nota che:

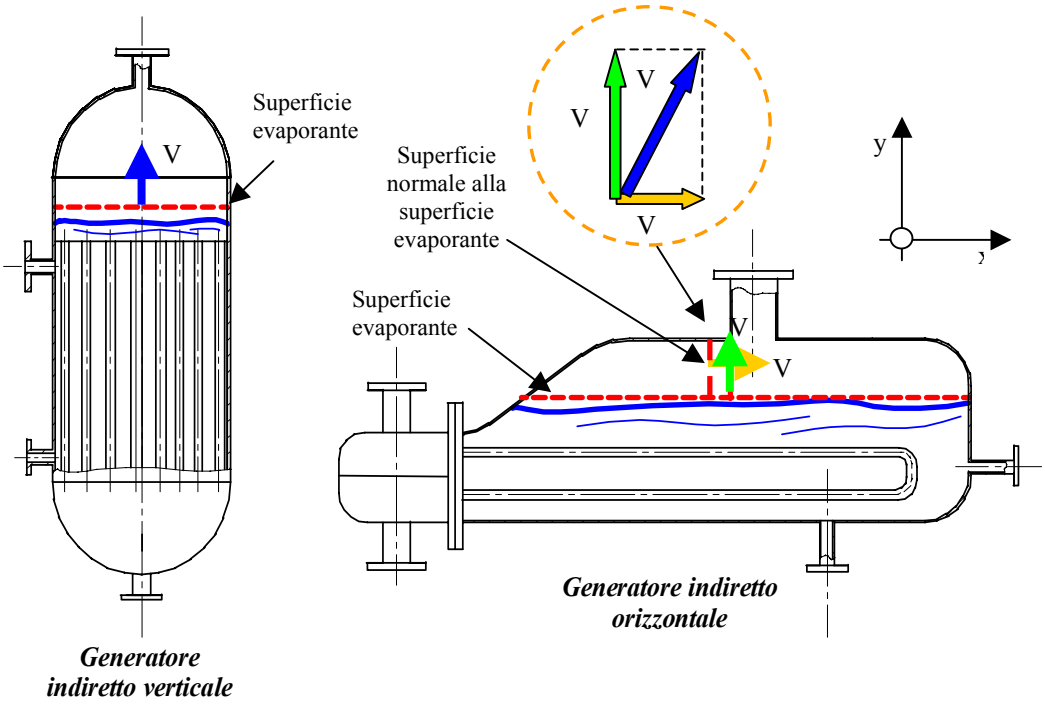


Fig.6: Rappresentazione schematica delle due tipologie di generatori indiretti per definire la posizione in cui viene calcolata la velocità del vapore. Nel generatore verticale è determinata dal rapporto tra la portata volumetrica e la superficie evaporante, mentre nel generatore orizzontale è valutata attraverso la composizione vettoriale della velocità normale e della velocità parallela alla superficie evaporante.

Dalla composizione vettoriale delle due velocità si determina il valore della velocità del vapore lungo la superficie evaporante utilizzata per la determinazione delle curve sperimentali.

$Vg = (Vgx^2 + Vgy^2)^{1/2}$ (generatori orizzontali)

Rilevando i valori di pressione e di velocità, sono state ricavate le curve che esprimono l'andamento della velocità in funzione della pressione per diversi valori della percentuale di trascinato.
Il trascinamento Tr viene espresso in percentuale ed equivale a:

Tr = 1-X =1-Mv/Mm = Ma/Mm = Ga/Gm (%)

dove:
Mv = massa di vapore
Mm = massa di miscela (acqua e vapore)
Ma = massa di particelle di acqua trascinate

*- A **Pvs=cost**, se aumenta la velocità, si incrementa il trascinamento*
*- A **Vg= cost**, se aumenta la pressione del vapore viene incrementato il trascinamento.*

Per limitare il trascinamento, in modo da mantenere la quantità di particelle di acqua trasportata sotto un valore prefissato, è necessario contenere le variazioni di pressione e velocità in intervalli desumibili dalle curve sperimentali. Variazioni di velocità eccessive causano l'aumento dell'energia cinetica del flusso di vapore il quale riesce a catturare le proiezioni causate dallo scoppio delle bolle e a trasportare le particelle di acqua, grazie alla spinta che riesce a conferire alle particelle stesse. In relazione alla variazione di pressione l'incremento della portata di particelle trascinate è spiegato dal verificarsi di due fenomeni:

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

- Con la pressione aumenta la tensione superficiale che favorisce il distacco delle goccioline dalla superficie
- Quando la pressione aumenta si incrementa conseguentemente anche la portata in massa di vapore, perché, a parità di portata volumetrica, aumenta la densità del vapore stesso.

conseguentemente la velocità del flusso di vapore.
La variazione della pressione nell'intervallo di tempo realizza, per l'acqua del generatore, una trasformazione, con ottima approssimazione, isoentalpica (laminazione).
La laminazione corrisponde al passaggio dallo

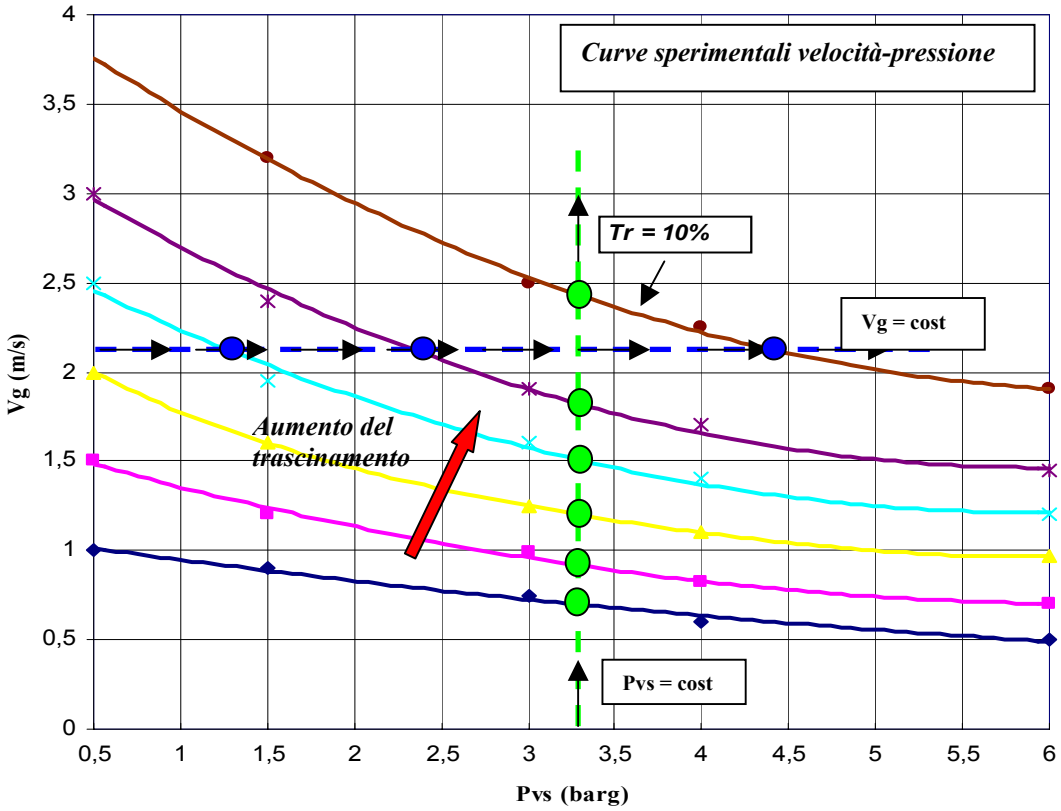


Fig.7: Curve sperimentali che esprimono la relazione tra la velocità e la pressione del vapore all'interno del generatore di vapore indiretto in funzione del trascinamento di particelle di acqua. Le curve rappresentate sono a valori del trascinamento costante. All'aumentare della velocità e della pressione il trascinamento viene incrementato

Una maggiore portata in massa causa una più alta concentrazione di goccioline nello stesso volume (diminuisce il volume specifico) ed inoltre un vapore di maggiore densità è in grado di trasportare più agevolmente le particelle liquide.
Questi fenomeni si verificano contemporaneamente e comportano, complessivamente, un aumento del trascinamento. Un ulteriore parametro che interviene nella regolazione, insieme alla velocità e alla pressione del vapore, è il gradiente di pressione con il quale si verifica l'incremento repentino di portata richiesta. Affinché il sistema di regolazione che si vuole utilizzare per il contenimento del trascinamento risulti efficace è necessario che le risposte fornite dal sistema stesso siano realizzate in tempi brevi. Per effettuare l'analisi del comportamento del fenomeno di trascinamento in funzione del tempo si considera il gradiente di pressione massimo - $(\Delta P/\Delta t)_{max}$- con il quale si può modificare la pressione all'interno del generatore e

stato fisico in cui il liquido si trova sulla curva limite inferiore (X=0), allo stato fisico situato all'interno della campana della curva temperatura-entropia (curva T-s) dove si ha una miscela bifase di acqua e vapore di titolo X diverso da zero.
Nell'intervallo di tempo in cui avviene tale trasformazione si ha la formazione di vapore di flash, cioè di una quantità di vapore aggiuntiva rispetto a quella che viene prodotta a regime nel processo di evaporazione.
Posto:

Gf = portata massica di vapore di flash
V = volume di acqua presente all'interno del generatore e sottoposta ad evaporazione
$\Delta X = Xf - Xi$, dove Xf è il titolo dello stato fisico finale della trasformazione mentre Xi è il titolo dello stato fisico iniziale
ρl = densità del liquido,

si ha che la portata di vapore di flash vale:

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

$$Gf = V^*(\Delta X/\Delta t)^*\rho l$$

La portata massica di vapore di flash che viene generata durante la laminazione si somma alla portata che il generatore produce nella condizione di regime, posto che le condizioni di scambio termico e la potenza introdotta non cambino:

$$Gtot = Gf + Gv$$

Questo comporta un aumento notevole della portata totale (Gtot) e, conseguentemente, un incremento della velocità del flusso di vapore poiché la geometria del generatore rimane costante. L'aumento istantaneo di velocità permette al flusso di vapore di trascinare le particelle di acqua che sfuggono dal pelo libero della superficie evaporante generando un incremento della massa di particelle complessivamente trasportate.
Per definire l'entità del fenomeno si consideri un generatore indiretto con scambiatore verticale con portata di vapore a regime di 400 kg/h.

$$Gv = 400\ kg/h$$

Si ipotizza il gradiente di pressione massimo di:

$$(\Delta P/\Delta t)_{max} = -0.3\ bar/s$$

La pressione di esercizio Pvs del generatore è:

$$Pvs = 2.5\ bar$$

mentre la temperatura di evaporazione vale:

$$Tvs = 127\ °C$$

Diminuendo la pressione di -0.3 bar, lo stato fisico che si raggiunge è caratterizzato dai seguenti valori:

$$Pvs' = 2.2\ bar$$
$$Tvs' = 123\ °C$$

Utilizzando il diagramma T-s si determina il valore del titolo della miscela bifase di acqua e vapore alla pressione dello stato fisico di fine laminazione, ottenuta partendo da liquido saturo umido:

$$X = 0.008$$

e, supponendo che il liquido all'inizio della trasformazione sia pari a 50 kg, sostituendo nell'espressione che determina la portata di vapore di flash generata, si ha:

$$Gf = 1354\ kg/h$$

La portata totale di vapore vale:

$$Gtot = 400 + 1354 = 1754\ kg/h$$

Come si può osservare dai valori espressi la portata istantanea di vapore di flash prodotta raggiunge valori elevati e comporta un aumento notevole della velocità del flusso del vapore.
Posto:

ρv = densità del vapore
S = superficie evaporante del generatore,

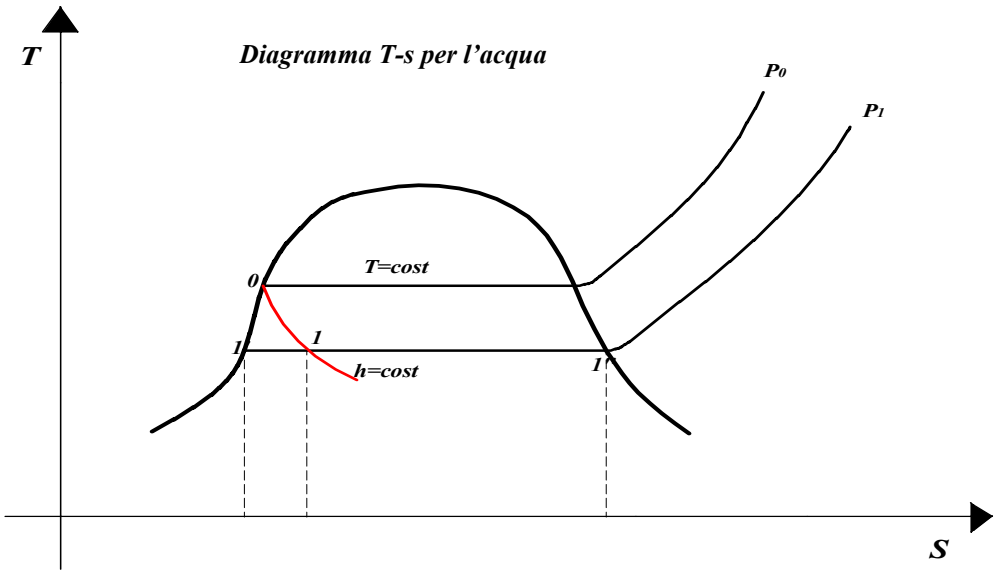


Fig.8: Diagramma T-s dell'acqua in cui viene evidenziata la trasformazione isoentalpica (laminazione) dalla quale viene generato istantaneamente il vapore di flash. L'acqua del generatore, con la riduzione di pressione nell'intervallo di tempo, passa dallo stato fisico 0 che si trova sulla curva limite inferiore (curva di saturazione) allo stato fisico 1 a pressione e temperatura inferiore. Lo stato fisico 1 è all'interno della curva limite ed indica la presenza di una miscela bifase di acqua e vapore con titolo X.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Vg = Gtot/(ρv*S),

alla pressione Pvs' e alla temperatura Tvs'.
Per cui si ottiene:

Vg' = 3.15 m/s

A questa valore di velocità, come si osserva nel grafico in figura 9, il trascinamento cresce notevolmente superando la curva corrispondente al 10 %.

- Se d > d_l → la particella non viene trascinata dal flusso di vapore
- Se d ≤ d_l → la particella viene trascinata.

Il diametro limite d_l dipende da numerosi parametri di natura termofluidodinamica e la sua determinazione è possibile tramite l'uso di sistemi di simulazione adeguati.
La conoscenza del diametro limite per determinate condizioni di lavoro permette di stabilire l'effetto di una separazione inerziale

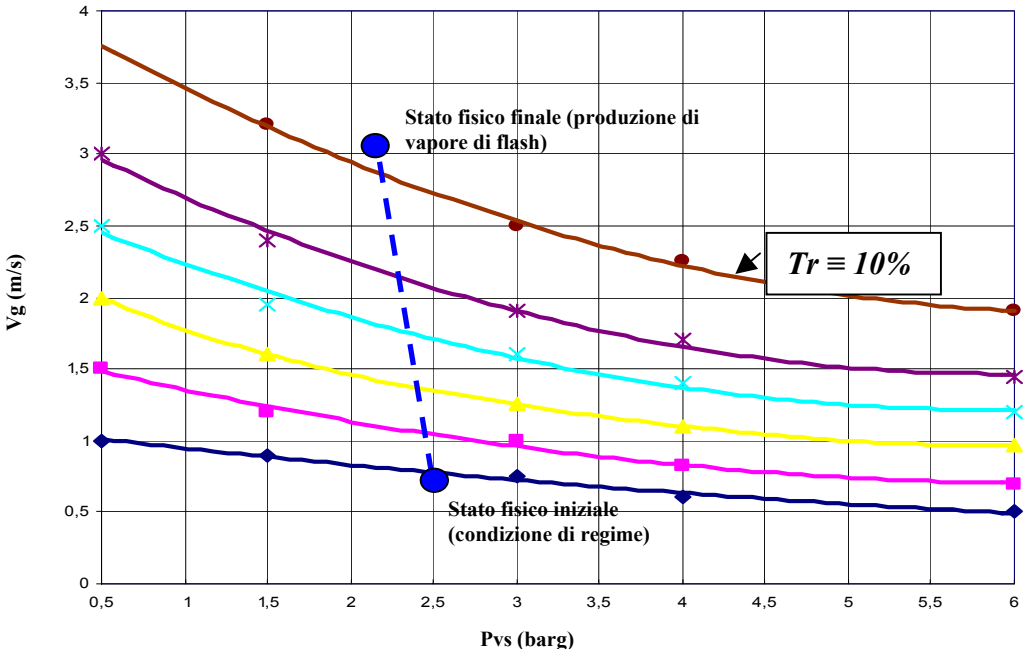


Fig. 9: Rappresentazione dell'incremento della velocità Vg del vapore in seguito alla produzione di vapore di flash, considerando un gradiente di pressione di - 0.3 bar/s. Come si osserva il trascinamento subisce un incremento elevato.

Separabilità delle particelle di acqua trascinate dal flusso di vapore

Le dimensioni delle particelle di acqua trascinate dal flusso di vapore influenzano il processo di usura erosiva caratterizzato dall'urto della particella sul prodotto trattato, ovvero realizzano un inquinamento del prodotto nel contatto con esso.
Particelle di diametro elevato manifestano un danneggiamento superiore del prodotto rispetto a particelle di piccole dimensioni, a parità di velocità di impatto.
Dall'analisi delle dimensioni critiche oltre le quali non avviene il trasporto della gocciolina di acqua che si va a formare e della sua velocità in seno alla corrente di vapore, è possibile stabilire le modalità di separazione più idonee per ottenere una portata di vapore qualitativamente accettabile.
Si definisce con d_l il diametro limite:

relativamente alla massa di particelle trascinate.
Viene utilizzato un programma di simulazione denominato TpSim [vedi: C. Saccani - Solid Speed and Pressure Loss in Pneumatic Conveying Plants: Simulation and Experimental Measurements, bulk solids handling, volume 16 n° 3, luglio/settembre 1996, Trans Tech Publication, Germania], in grado di determinare le caratteristiche complete del trasporto delle particelle liquide in sospensione.
Introducendo i parametri che caratterizzano il trasporto come la portata di liquido trasportata, il rapporto di miscela con il quale il liquido entra nel flusso di vapore, la dimensione delle particelle trasportate, la geometria del percorso, la conformazione delle tubazioni nelle quali avviene il trasporto, è possibile determinare l'andamento delle seguenti variabili:

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

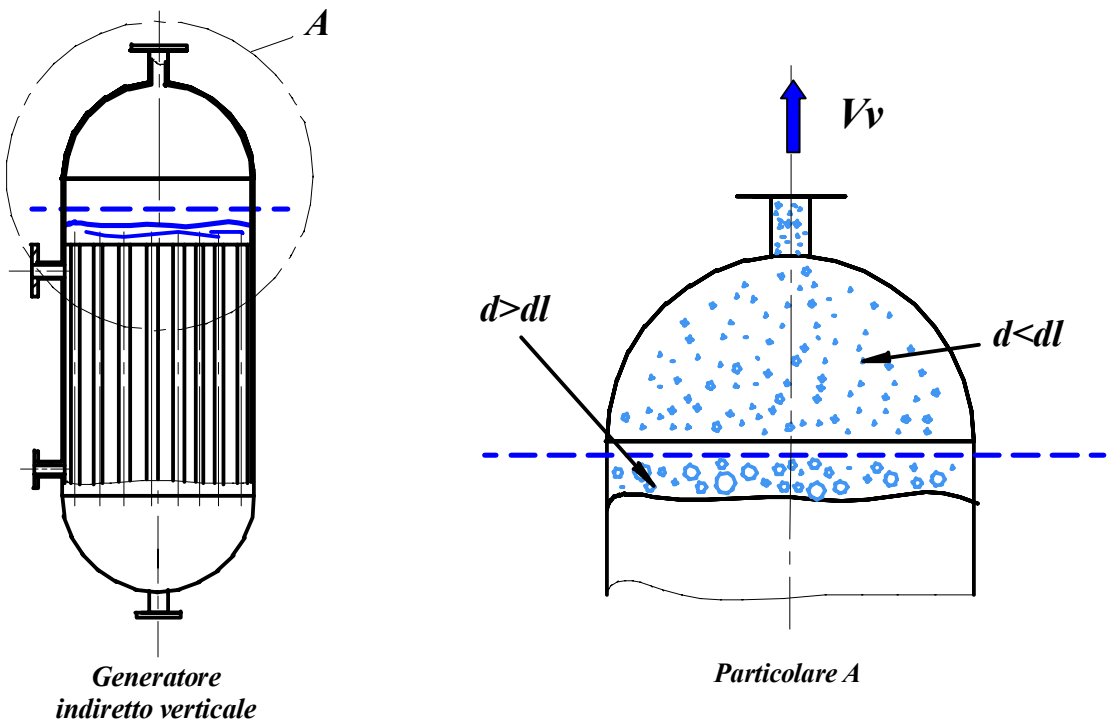


Fig.10: Rappresentazione schematica del flusso di particelle trascinate all'interno di un generatore indiretto verticale. In relazione alla portata del vapore agente all'interno del generatore si ottiene un determinato valore del diametro limite al di sopra del quale le particelle non vengono trasportate.

- velocità effettiva delle goccioline
- velocità effettiva del vapore
- perdita di carico della corrente di fase.

Il software è in grado di stabilire quando il trasporto è stazionario e quando, invece, risulta instabile e critico. Inoltre riesce a stabilire se le particelle presentano dimensioni eccessive per le condizioni di trasporto e non riescono, quindi, ad essere trascinate. Dall'analisi dei diagrammi che mostrano il comportamento della miscela è possibile ricavare informazioni sulle condizioni di trasporto del liquido. L'applicazione della simulazione attraverso il ***TpSim*** è stata effettuata considerando una condizione di lavoro che si verifica in un generatore indiretto verticale con portata nominale di vapore di Gv = 400 kg/h e nella condizione di riduzione di pressione secondo un gradiente di pressione di -0.3 bar/s. La portata di vapore complessiva, data dalla somma di quella prodotta in condizioni nominali e di quella di flash, generata dalla laminazione isoentalpica, vale, come detto Gtot = 1754 kg /h.
Riassumendo, le condizioni di funzionamento del generatore sono:

Pvs = 2.5 bar (a regime)
Pvs' = 2.2 bar (stato di fine laminazione)
$\Delta P/\Delta t$ = --0.3 bar/s
Gtot = 1754 kg/h
Tr = 10 % (percentuale di massa di particelle trascinate rispetto alla massa di miscela)

La simulazione è stata lanciata per differenti diametri delle particelle di acqua soggette al trascinamento fino a determinare il valore del diametro limite per il quale il software ha stabilito l'assenza di trasporto in sospensione.
I diametri utilizzati nella simulazione sono:

- d = 15 µm
- d = 20 µm
- d = 50 µm
- d = 90 µm
- d = 150 µm
- d = 300 µm
- d = 310 µm
- d = 312 µm

Dalle simulazioni lanciate con diametro delle particelle di acqua superiore a 312 µm il software ha verificato l'assenza di trasporto e quindi il diametro limite, per le condizioni di funzionamento considerate, è:

$$d_l = 312\ \mu m$$

Come si osserva dai grafici, si modifica la colorazione delle curve:

- Il rosso corrisponde a condizione critiche di trasporto

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

- Il verde rappresenta un trasporto fluttuante ma al di sotto delle condizioni critiche.

Dall'analisi dei grafici che descrivono l'andamento della velocità delle particelle di acqua trascinate, si desume che per diametri piccoli la velocità del liquido risulta quasi sempre critica: la velocità è fortemente oscillante e la tipologia di trasporto è notevolmente distante da condizioni di stazionarietà (figura 11).
In questo caso la banda che definisce il range di variabilità del modulo della velocità presenta un'ampiezza elevata.
Questo significa che la particella subisce accelerazioni e rallentamenti improvvisi con movimento irregolare all'interno del condotto.
L'andamento irregolare della velocità, e conseguentemente del trasporto, è elevato fino a particelle di diametro di 150 µm.
Per diametri superiori ai 150 µm la velocità della particella di liquida tende ad assumere un andamento più stabile con salti di velocità di entità ridotta.
Questo è spiegabile considerando che particelle più grandi che riescono ad essere trasportate presentano un'inerzia elevata ed inoltre presentano un coefficiente di resistenza relativamente basso.
Le particelle con diametro ridotto tendono invece ad assumere andamenti vorticosi e la loro traiettoria è facilmente perturbabile.
Da quanto appena osservato si desume facilmente che un separatore di tipo inerziale, basato sull'azione della forza centrifuga, risulta poco efficace poiché le particelle con velocità maggiore sono quelle con massa inferiore e viceversa.

Sistema di regolazione per il controllo del trascinamento

I parametri caratteristici che intervengono nel fenomeno del trascinamento e che vengono assunti come parametri di regolazione all'interno del sistema di controllo sono:

1) Pressione del vapore saturo (Pvs)

La pressione del vapore è la pressione agente all'interno del generatore indiretto e definisce il processo di evaporazione. In relazione al carico richiesto all'utenza, il valore della pressione si modifica e varia, conseguentemente, la portata di vapore prodotto.

2) Velocità del vapore (Vg)

Rappresenta la velocità del vapore sulla superficie evaporante la quale varia in funzione del tipo di generatore e della portata volumetrica.

3) Velocità del vapore in prossimità della bocca di uscita (Vv)

E' la velocità che viene rilevata dal trasduttore di velocità sul bocchello di uscita del vapore. Questa velocità è legata alla velocità Vg del vapore all'interno del generatore

4) Temperatura di saturazione del vapore (Tvs)

La temperatura Tvs è la temperatura del vapore all'interno del generatore ed è strettamente legata alla pressione Pvs. Un controllo sulla pressione implica una regolazione anche sulla temperatura.

Nei generatori indiretti, quando servono un'utenza di tipo stazionario, caratterizzata da richieste costanti, il sistema di regolazione consiste unicamente nel controllo del TDS in quanto è possibile dimensionare il generatore affinché il vapore in uscita presenti trascinamenti al di sotto di un valore imposto.
In condizioni dinamiche, dove il carico all'utenza può modificarsi in modo repentino si rende necessario anche un controllo su altri parametri, come Pvs e Vg che influenzano notevolmente il fenomeno di trascinamento.
Il sistema di regolazione per controllare il trascinamento e mantenerlo al disotto di valori prefissati, è basato sulle curve sperimentali di figura 7. Il controllo può essere effettuato considerando come parametro di regolazione la pressione del vapore. Lo svantaggio che comporta un controllo effettuato unicamente sulla pressione riguarda l'inerzia con la quale il Pvs si modifica in relazione ad un aumento di portata.
La pressione, infatti, impiega un intervallo di tempo significativo per variare e un controllo realizzato su questo parametro implicherebbe una risposta del sistema di regolazione con tempi eccessivamente lunghi. Al contrario, per rilevare una variazione di portata, risulta appropriato, come parametro di regolazione, la velocità del vapore Vg in quanto è il parametro che prima di altri viene a variare all'interno del generatore in seguito ad una variazione imposta dall'utenza.
La difficoltà nel rilevare direttamente questo parametro all'interno del generatore attraverso un trasduttore di velocità (Sonda ad ago, Tubo di Pitot), suggerisce di determinare il valore della velocità del vapore (Vv) nella sezione di uscita del
La difficoltà nel rilevare direttamente questo parametro all'interno del generatore attraverso un trasduttore di velocità (Sonda ad ago, Tubo di Pitot), suggerisce di determinare il valore della velocità del vapore (Vv) nella sezione di uscita del generatore e utilizzando l'equazione di continuità è possibile risalire alla velocità del vapore Vg.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

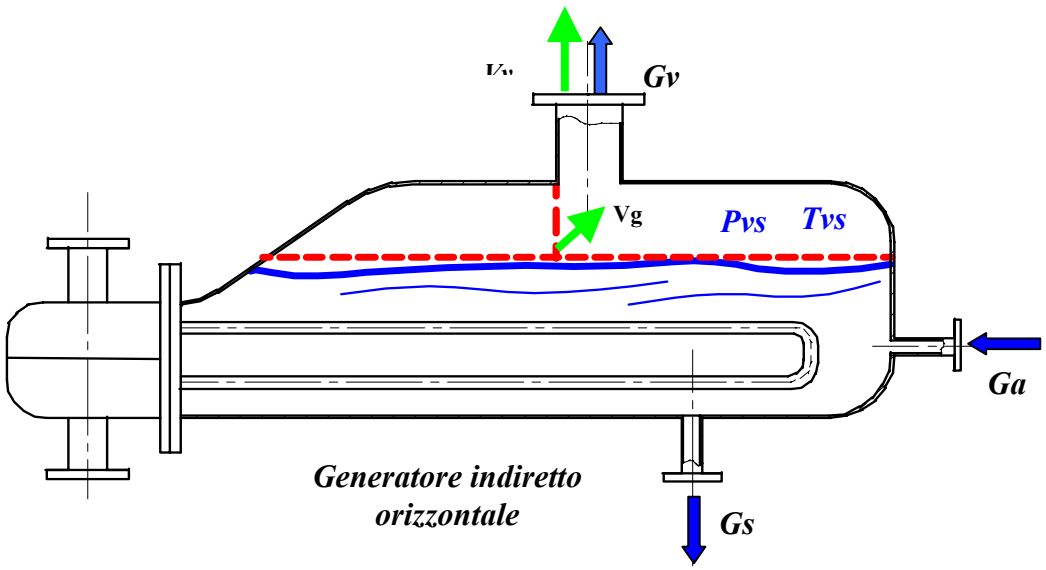


Fig. 12: Parametri di regolazione rappresentati nel generatore orizzontale (la trattazione è valida per qualsiasi tipo di generatore indiretto).

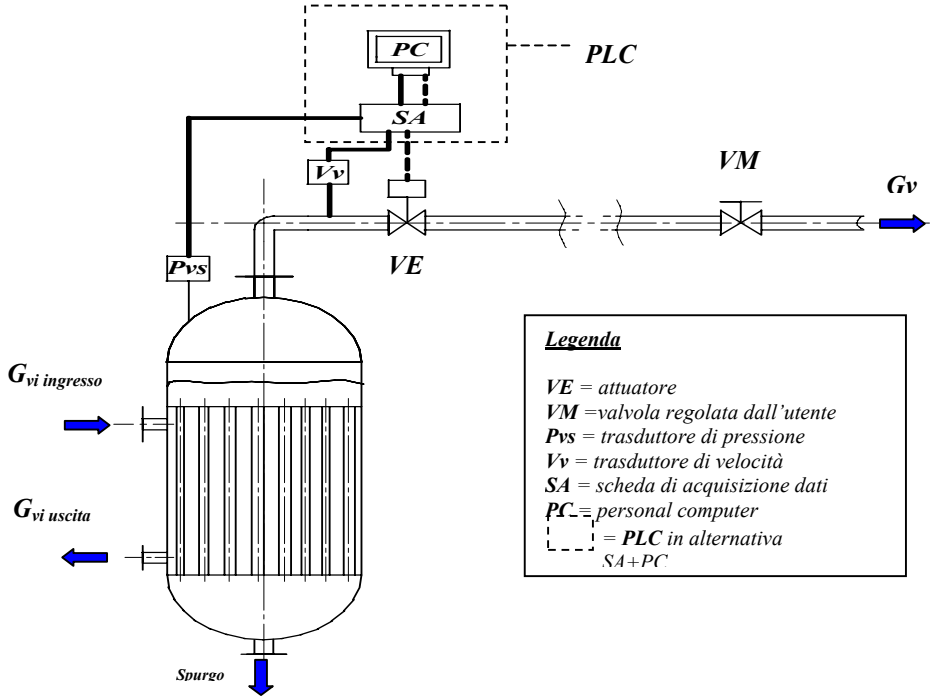


Fig. 13: Schema di regolazione per limitare il trascinamento ad un valore prefissato. Il sistema di controllo utilizza una scheda di acquisizione e un PC che effettua la regolazione comandando un attuatore. Dal segnale rilevato dal trasduttore di velocità e dal trasduttore di pressione, ed essendo note le curve sperimentali che legano la velocità del vapore e la pressione è possibile portare il punto di funzionamento a valori di trascinamento massimi prestabiliti.

generatore e utilizzando l'equazione di continuità
I parametri che vengono rilevati per la regolazione sono:

-la velocità Vv del vapore nel condotto di uscita
-la pressione Pvs agente all'interno del generatore.
Realizzando una regolazione in base a questi due parametri e mettendoli in relazione alle curve sperimentali di figura 7, risulta possibile mantenere il punto di funzionamento del generatore sotto la curva limite del trascinamento desiderato.
La regolazione viene realizzata utilizzando i seguenti strumenti (vedi figura 13):

- **Pvs** = trasduttore di pressione per rilevare il valore di pressione agente all'interno del generatore

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

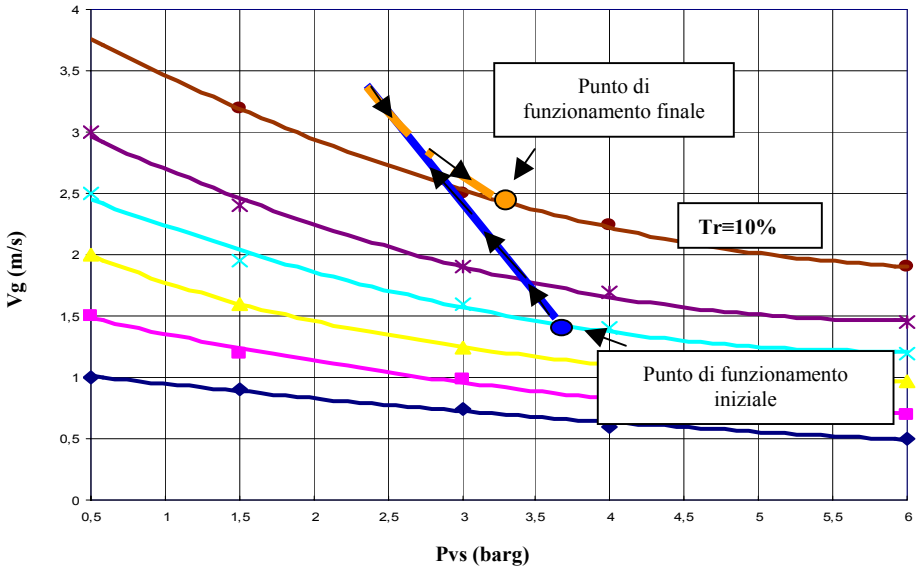


Fig. 14: Esempio di regolazione con superamento della curva di trascinamento massima rilevato dai trasduttori. Il PC elabora il segnale ricevuto dai trasduttori regolando l'apertura dell'attuatore in modo da riportare il punto di funzionamento al di sotto del valore limite.

- **Vv** = trasduttore di velocità per rilevare il valore della velocità nella sezione di uscita relazionabile al valore della velocità sulla superficie evaporante
- **SA** = scheda di acquisizione dati per trasportare il segnale dal campo al PC
- **PC** = personal computer che regola l'attuatore in modo da ottenere i valori di pressione e velocità che permettano di limitare l'entità del trascinato
- **VE** = attuatore
- **VM** = valvola manovrata dall'utente.

Il sistema di regolazione risulta efficace in quanto, dopo avere rilevato la velocità Vv e quindi Vg e la Pvs, utilizzando il diagramma Vg-Pvs (figura 7) realizza una regolazione variando la posizione dell'attuatore VE. L'aumento di portata richiesta all'utenza determina un incremento di velocità del flusso di vapore all'interno del generatore (Vg) che viene rilevata attraverso il trasduttore di velocità .
Il trasduttore di pressione valuta la pressione esistente all'interno del generatore. I segnali vengono inviati al PC che comanda l'attuatore VE. Quando il punto di funzionamento supera la curva che definisce il trascinamento costante inizia la chiusura della valvola fino ad arrivare ad un punto di funzionamento che sia sotto il limite di trascinamento stabilito. L'attuatore VE si ferma al grado di apertura che realizza il limite al trascinamento imposto.

Conclusioni

I due sistemi di regolazione presentati risultano particolarmente adatti, rispettivamente, in caso di funzionamento stazionario del generatore di vapore e nel caso di funzionamento in regime transitorio.

La prima regolazione, più semplice, bene si adatta a tutti quei processi nei quali la richiesta di vapore avviene in maniera continua o relativamente continua. Viceversa nei casi in cui la richiesta di vapore può subire notevoli variazioni di portata, per le caratteristiche del processo o per la molteplicità degli utenti collegati al generatore di vapore, è necessario provvedere ad una sistema di regolazione avente caratteristiche intrinsecamente previsionali. Tali caratteristiche vengono mediate attraverso alcune informazioni contenute nel sistema di regolazione più complesso che consente la realizzazione di un controllo intelligente del processo.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

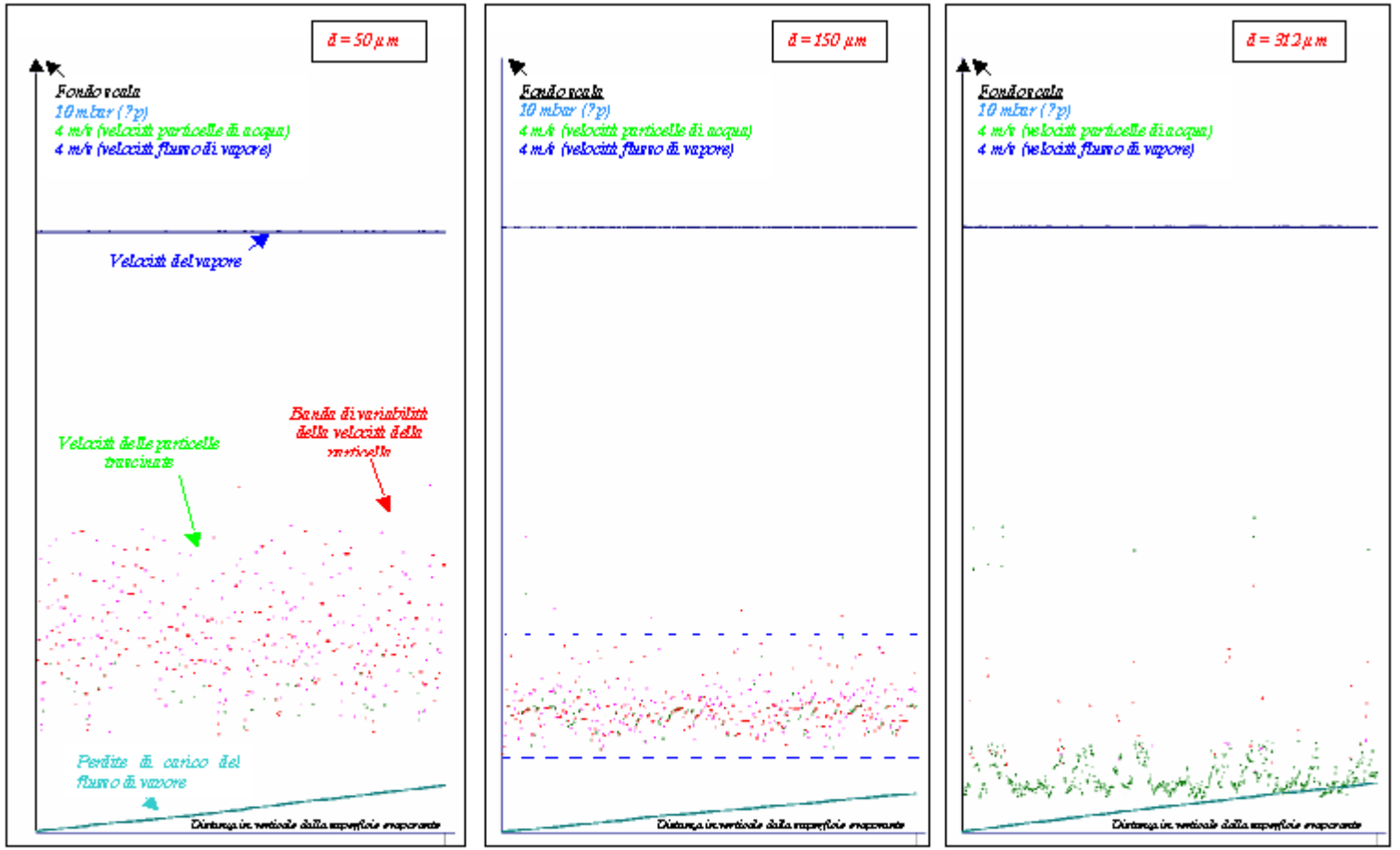

d = 50 µm
Fondo scala
10 mbar (?p)
4 m/s (velocità particelle di acqua)
4 m/s (velocità flusso di vapore)
Velocità del vapore
Velocità delle particelle trascinate
Banda di variabilità della velocità delle particelle
Perdita di carico del flusso di vapore
Distanza in verticale dalla superficie evaporante
d = 150 µm
Fondo scala
10 mbar (?p)
4 m/s (velocità particelle di acqua)
4 m/s (velocità flusso di vapore)
Distanza in verticale dalla superficie evaporante
d = 312 µm
Fondo scala
10 mbar (?p)
4 m/s (velocità particelle di acqua)
4 m/s (velocità flusso di vapore)
Distanza in verticale dalla superficie evaporante

Fig. 11: Simulazione del trasporto pneumatico delle particelle di acqua in funzione del diametro della particella trascinata dal flusso di vapore effettuata attraverso il software *TpSim*. I diagrammi sono relativi all'andamento della velocità per particelle di diametro di *50, 150* e *312 µm* (vengono mostrate le simulazioni più significative). La velocità assume andamento sempre più stabile con riduzione delle oscillazioni e diminuzione della banda di variabilità, che definisce il range entro il quale varia il modulo della velocità stessa. La colorazione verde denota un andamento fluttuante ma non critico, mentre i punti di colore rosso segnalano condizioni critiche di trasporto. Il diametro di 312 µm è il valore del diametro limite al di sopra del quale non avviene il trascinamento della particella.

Glossario dei termini usati nella sezione Vapore Pulito

ACIDO PERACETICO
Agente ossidante e disinfettante molto efficace. Grazie al suo ampio spettro di proprietà battericida è ampiamente utilizzato nella disinfezione e sterilizzazione anche ove non sia possibile l'applicazione del vapore per i danni che l'alta temperatura arrecherebbe al prodotto.

ANTICORPO
Proteina prodotta dagli esseri viventi in seguito all'azione di un antigene specifico e caratterizzata da una reattività specifica con il suo antigene complementare.ANTICORPO MONOCLONALE
Anticorpi omogenei, derivanti dal singolo clone di una cella, in grado di riconoscere una sola struttura chimico-cellulare.

ANTIGENE
Sostanza, normalmente una proteina od un carboidrato, che, introdotta in organismi viventi, stimola la produzione di un'anticorpo che reagirà specificamente con esso.

ASETTICO
Sta per privo di organismi indesiderati.
Depurato da presenza di germi patogeni (che possono generare malattie).

BARRIERA STERILE
"Block and bleed", termine che identifica zona di impianto "spurgata" per prevenire l'ingresso di organismi indesiderati nella camera di processo.

BIOREATTORE
Reattore nel quale avviene un processo biologico (colture di batteri, lieviti e funghi).

BIOTECNOLOGIA
Termine normalmente utilizzato per indicare alcune tecnologie che, utilizzando microrganismi viventi o sostanze da essi ottenute, hanno lo scopo di modificare o di ottenere prodotti geneticamente "inediti".

BPE
"Bioprocessing Equipments" è un sotto comitato delle ASME (Società Americana di progettazioni meccaniche) nato nel 1997 e agg. 2002 che definisce sistemi e componenti utilizzabili in industrie biofarmaceutiche.

CGMPs
"Current Good Manufacturing Practices", sono norme pratiche utilizzate per una corretta costruzione sviluppate e regolamentate per l'industria farmaceutica dalla FDA, Capitolo 1, Titolo 21, Parte 210 e 211.

CIP
"Clean In Place", è un termine utilizzato per impianti e parti di essi che possono venir facilmente puliti con detergenti o comunque fluidi adatti, senza dover necessariamente venir smontati.

COP
"Cleaned Out of Place" al contrario è un termine utilizzato per impianti e parti di essi che devono essere necessariamente smontati prima della loro pulizia.

DISINFEZIONE
Di chiaro significato, con la distinzione che non necessariamente richiede l'eliminazione totale di tutti i microrganismi o le spore presenti.

DNA RICOMBINATE (rDNA)
DNA ibrido ottenuto unendo "pezzi" di DNA, di diversi organismi, "in-vitro".FDA
"Food and Drug Administration", Ente Federale Americano di controllo e regolamentazione a servizio della salute umana.

3-A Sanitary Standards
Prima linea guida americana di riferimento per la progettazione e la manutenzione in condizioni sanitarie o igieniche di sistemi per l'industria di lavorazione del latte.

FERMENTATORE
Contenitore nel quale la reazione di un biocatalizzatore (batterio), del lievito o un fungo, viene usato per trasformare il materiale di base nel prodotto voluto.

GENE
Mattone fondamentale della trasmissione dei caratteri ereditari per tutti gli esseri viventi: consiste in un messaggio "genetico" contenuto in una molecola di DNA che viene "decriptata" dalla cellula in una sequenza di aminoacidi
(Tirosina, Adenina, Uracile etc.) collegati tra loro a formare una proteina.

GTAW
"Gas Tungsten Arc Welding", è un processo di saldatura ove l'arco, protetto da un gas inerte (argon), è mantenuto da un elettrodo al tungsteno e i lembi vengono fusi insieme senza l'apporto di materiali aggiuntivi.

HACCP
"Hazard Analysis and Critical Control Point" è un sistema che analizza i potenziali rischi e identifica i punti in cui inserire un controllo nei processi al fine di garantirne l'igienicità.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

INGEGNERIA GENETICA
Comprende tutte quelle tecniche tese a modificare le strutture genetiche originali di microrganismi per mezzo di sostituzione o aggiunta di nuove caratteristiche genetiche in processi "in vitro".

INTERFERONI
Classe di proteine di vitale importanza nella moderna farmacologia, in particolar modo nella cura delle malattie virali, cancro etc.

IN VITRO
Si dice di processo biologico riprodotto o simulato in un ambiente artificiale simulante le caratteristiche originali.

LIOFILIZZAZIONE
Processo utilizzato per la lunga conservazione di materiali, generalmente ottenuta con deidratazione a bassa temperatura.

PARENTERALI
Farmaci destinati alla somministrazione per vie diverse da quella orale, usualmente iniettabili.

PASSIVAZIONE
Trattamento superficiale mediante acido (nitrico) destinato a componenti in acciaio inox, per ridurre la corrosione.
Consiste normalmente nel formare un sottile strato superficiale di ossido di cromo avente la stessa densità del metallo sottostante.

PATOGENO
Agente biologico che può generare malattie, normalmente batteri o virus.

PIROGENO
Sostanze che, iniettate, sono causa di febbri o di reazioni infiammatorie, si tratta normalmente di proteine, cellule batteriche, detriti di cellule.

ROUGING
Problema riscontrato negli impianti che utilizzano vapore "Pulito", consiste in un film di ossido che ricopre le tubazioni o componenti di linea in acciaio inox è tipicamente di colore rosso o nero.
Le cause sono ancora sconosciute.

SALDATURA ORBITALE
Processo di saldatura nel quale si programmano i parametri della corrente fornita, la "testa" della saldatura e la velocità dell'elettrodo (ove previsto).

SCARICO PROTETTO
"Kill tank", dispositivo di espansione posto al di fuori dell'area pulita per evitare l'effetto potenzialmente sporcante del vapore di flash.

STANZA PULITA
"Clean room", descrive una zona dell'impianto destinata ad un processo che richiede il costante controllo del particolato atmosferico ed il mantenimento di esso ad di sotto delle soglie massime prestabilite.

SIP
"Steam In Place", relativo a sistemi di sterilizzazione che non richiedono smontaggi dell'impianto, normalmente eseguiti con procedure CIP.

SPORA
Organismo mono/multicellulare, asessuato, con elevata resistenza a condizioni ambientali sfavorevoli, in grado di riprodursi nell'ambiente adatto dopo periodi, di anche lunga durata, in condizioni particolarmente inadatte alla vita di altri organismi.

ULTRAFILTRAZIONE
Rimozione di particelle di dimensioni ridottissime , spesso proteine in soluzione, fino a tagli (in termini di peso molecolare) dell'ordine delle poche migliaia.

VALIDAZIONE
Stabilendo il tipo di prova documentata è possibile garantire un alto grado di sicurezza fornito regolarmente dall'incontro del prodotto e l'attributo di qualità richiesto in un processo.
Per chiarire: Fa quello che è supposto faccia? E se è così, per quanto tempo lo farà?

WFI
"Water For Injection" (acqua per iniezioni), acqua di elevata purezza adatta per la produzione di specialità farmaceutiche parenterali (iniettabili).

ZONA MORTA
"Dead leg", sezione dell'impianto o della tubazione dove non esiste una circolazione continua dei fluidi.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

GRUPPI PACKAGES E PREMONTATI

INDICE

Argomento	Pagina
Vantaggi dei sistemi integrati rispetto a fornitura di singoli prodotti	**2**
Gruppi Preassiemati “Packages”	3 - 8
Considerazioni Operative	
Immagazzinamento	8
Installazione, trasporto, disimballaggio	9
Condizioni di esercizio	9
Caratteristiche specifiche	9
Verifica dell’unità	9
Montaggio dell’unità	10
Attacchi sorgente fluido freddo	11
Attacco di presa vapore	11
Linea di ritorno condensa	11
Valvola di sicurezza e sfiato	11
Collegamento alla strumentazione elettrica di controllo	11
Collegamento alla strumentazione pneumatica di controllo	11
Collegamento delle linee di drenaggio	12
Linee guida di avviamento e manutenzione	12
Funzionamento	12
Ispezioni	13
Importanti informazioni sulla sicurezza	13

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Vantaggi dei sistemi integrati rispetto alla fornitura di singoli prodotti.

Spirax-Sarco è una società che fornisce sia prodotti sia uno spettro completo di soluzioni e sistemi molto competitivi. I sistemi forniti sono normalmente ingegnerizzati per ogni specifica esigenza.

L'esperienza è nei controlli e gestione dei fluidi industriali e commerciali con particolare riferimento ai sistemi vapore ed apparecchiature termodinamiche.

•*Risparmio di tempo e denari*

• Si evitano ritardi nei progetti eliminando le costruzioni in cantiere.

Minimizza/Elimina i tempi di attesa in cantiere.

Minimizza/Elimina le costruzioni ed il costo del lavoro in cantiere .

Si ottiene una serie di benefici da progettazioni modulare preassiemate che portano ad una riduzione dei tempi e costi di installazione.

Sistemi completi e collaudati pronti per l'installazione.

Controlli integrati o a distanza facilmente integrabili con altri sistemi esistenti.

Singolo fornitore…..

Semplificazione dei progetti integrando ingegneria, produzione da un singolo fornitore.

Si elimina la necessità di avere i costi elevati delle grandi società di ingegneria.

Viene semplificato il processo di comunicazione evitando ritardi di progettazione.

Unità di produzione flessibile che può occuparsi di piccoli e grandi sistemi.

Disponibilità di servizi completi di installazione ed avviamento, compreso corsi di istruzione.

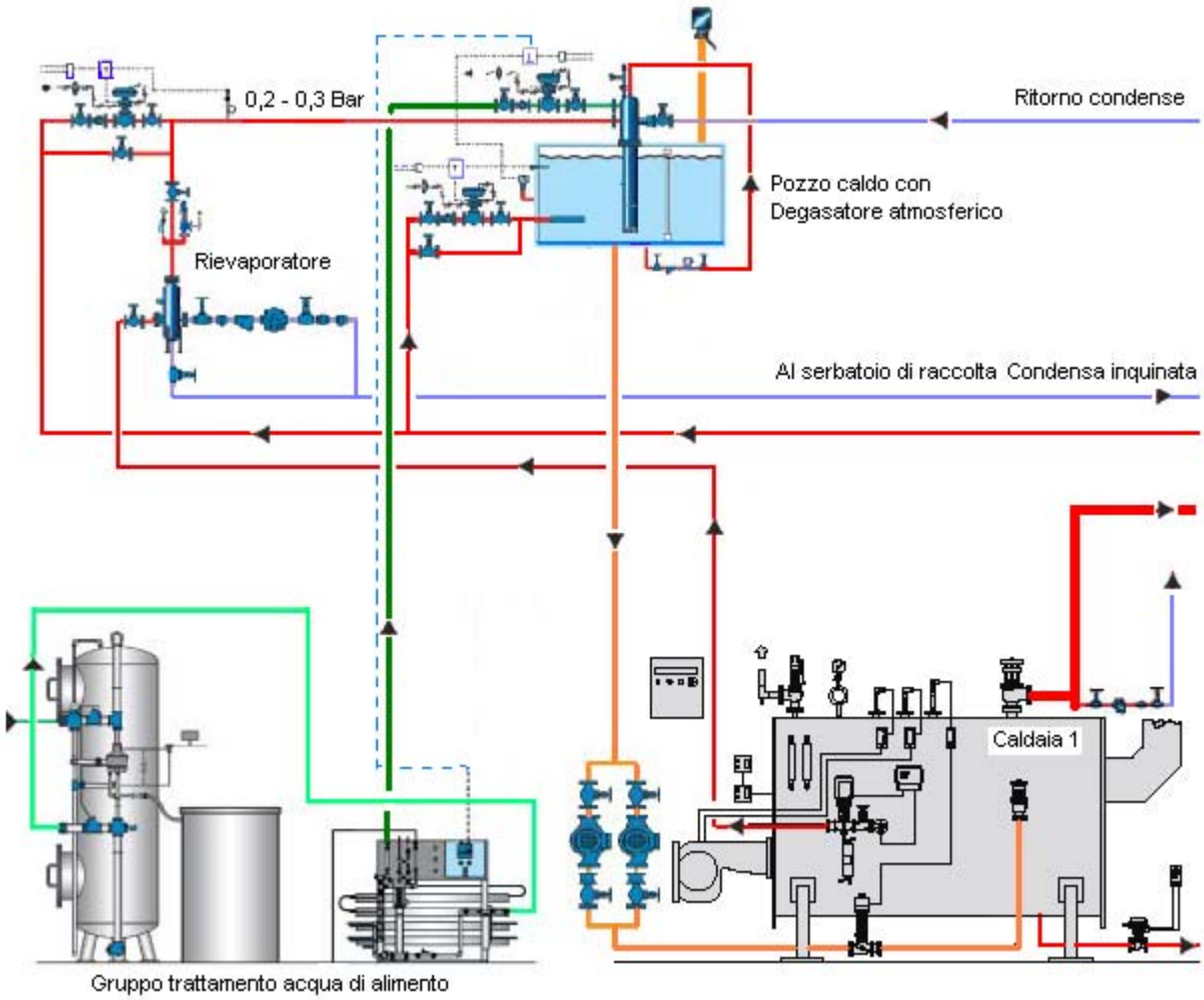
Spirax Sarco fornisce sistemi completi chiavi in mano partendo dalla progettazione concettuale fino Ai sistemi finiti con servizi di costruzione ed installazione.

Un qualsiasi sistema vapore può essere diviso in sottosistemi concependo l'ingegneria dell'impianto come l' interconnessione di questi sottogruppi. In particolare:

-Zona Caldaia

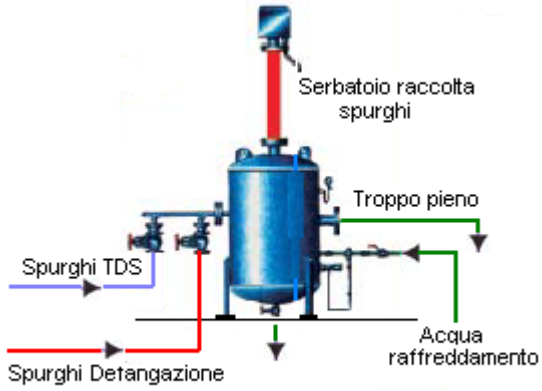
1. Unità di degasazione, acqua alimento, condense, preriscaldamento. Unità preassiemata comprendente il sistema di pompe acqua alimento con integrato il sistema di degasazione, le condense e il trattamento acqua.
2. Unità di recupero vapore di flash e sistema di blow–down. Unità preassiemata per il recupero dell'energia del vapore di flash e dal blow-down della caldaia.
3. Unità di pompaggio dell'acqua alimento. Unità preassiemata comprendente il sistema di pompe acqua alimento con integrato valvole, strumentazione, unità precablata di controllo facile da installare.
4. Unità di scarico condense. Unità preassiemata, pronta per essere installata, per lo scarico ed il recupero condense. Queste unità sono dimensionate per l'utilizzo specifico.
5. Collettore di distribuzione vapore. Unità per la distribuzione del vapore dalla caldaia alle varie utenze comprendente valvole e strumentazione di controllo.
6. Unità di misura portata vapore. Unità preassiemata, pronta per essere installata, per la misura della portata. Queste unità sono dimensionate e tarate per l'utilizzo specifico.
7. Unità di valvole di controllo. Unità preassiemata, pronta per essere installata, per la regolazione e controllo dei fluidi. Queste unità sono dimensionate e tarate per l'utilizzo specifico.
8. Sistemi per acqua calda. Sistemi, preassiemati, integrali per il riscaldamento e la gestione di acqua calda sia per uso sanitario che di processo.
9. Unità per l'espansione dei fluidi. Unità preassiemate per consentire l'espansione dei fluidi incomprimibili nei circuiti chiusi.
10. Sistemi di pompaggio. Unità preassiemata comprendente il sistema di pompe con integrato valvole, strumentazione, facile da installare.
11. Unità indiretta di generazione vapore. Unità preassiemata di generazione comprendente il sistema di pompe acqua alimento con integrato valvole, strumentazione, unità precablata di controllo facile da installare.
12. Unità di trasferimento di calore. Unità preassiemata di trasferimento del calore comprendente lo scambiatore, sistema di pompe valvole, strumentazione, scaricatori, unità precablata di controllo facile da installare e che riduce il tempo e costo di installazione.
13. Unità speciali per i processi. Unità ingegnerizzata allo scopo per la soluzione di problemi specifici.Un sistema tipico comprende scambiatori, sistema di pompe, valvole, strumentazione, scaricatori, unità precablata di controllo e tutte le apparecchiature in campo necessarie per un sistema integrato completo.
14. Unità di riduzione pressione. Unità preassiemata di riduzione della pressione facile da installare. Queste unità sono dimensionate e tarate per l'utilizzo specifico. Per stazioni di riduzione da installarsi in serie o parallelo sono disponibili collettori di distribuzione.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

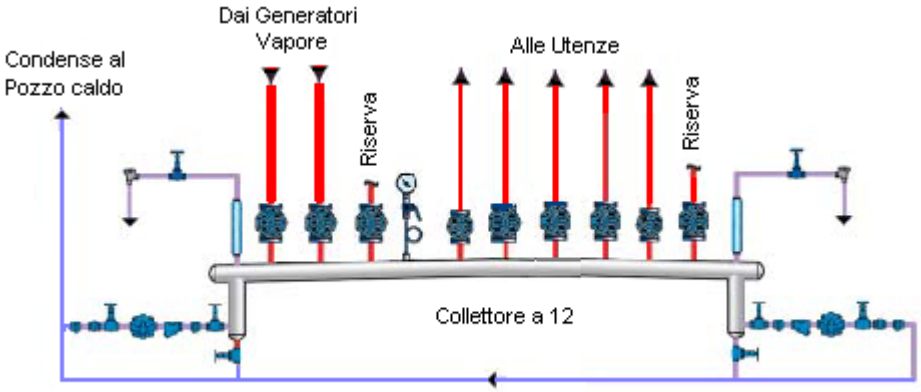


Gruppo trattamento acqua di alimento

Gruppi preassiemati citati nei punti 1, 2, 3

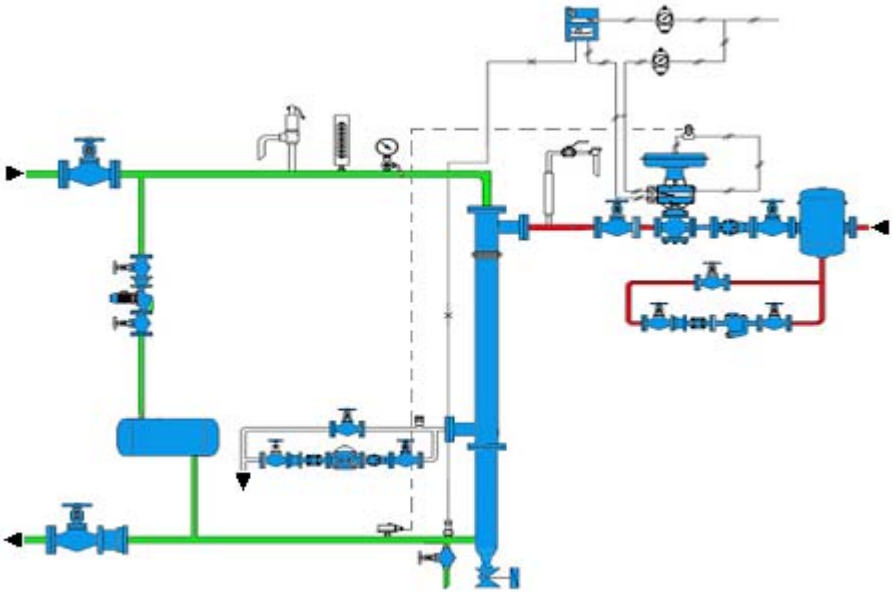


Serbatoio Condense inquinate

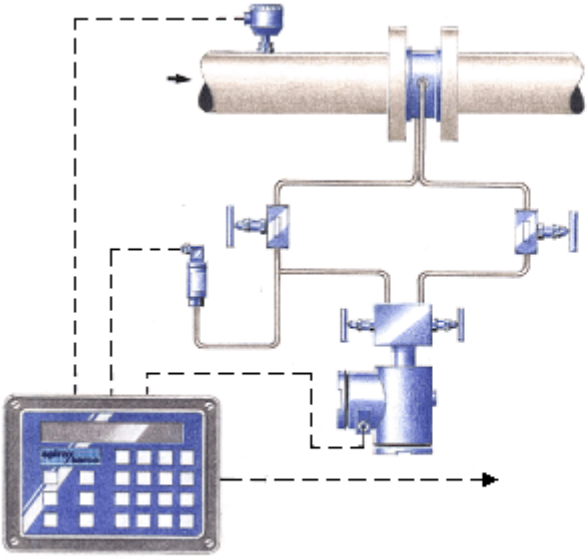


Collettore di distribuzione Vapore

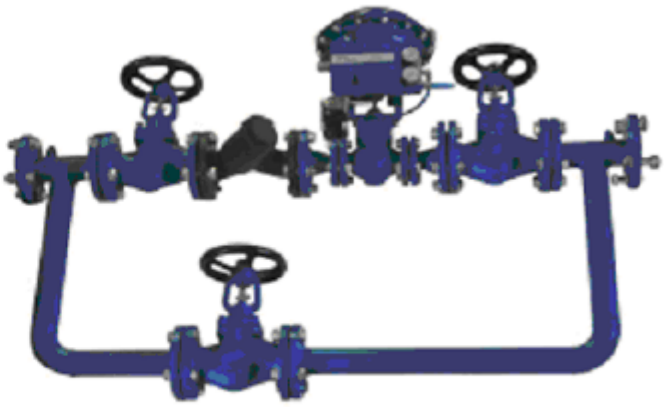
 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



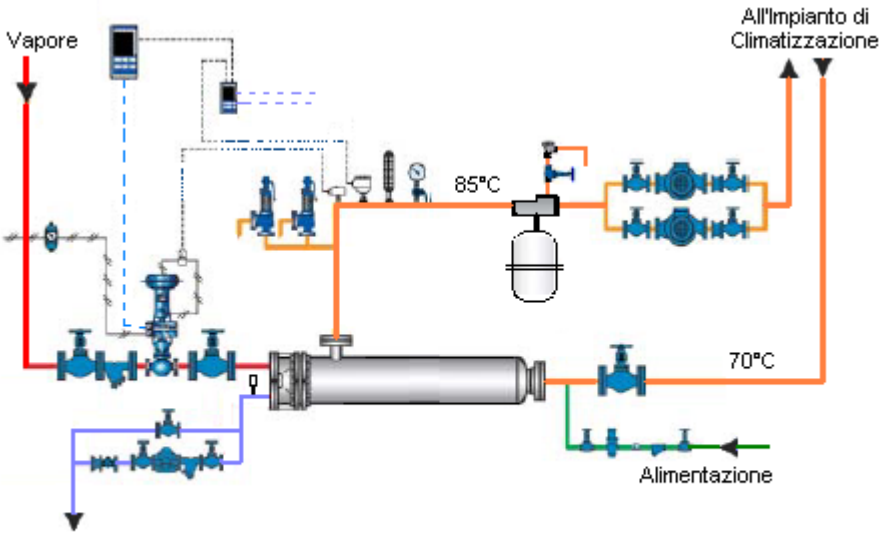
Gruppo Packages produzione acqua calda



Gruppo misura Portata Vapore

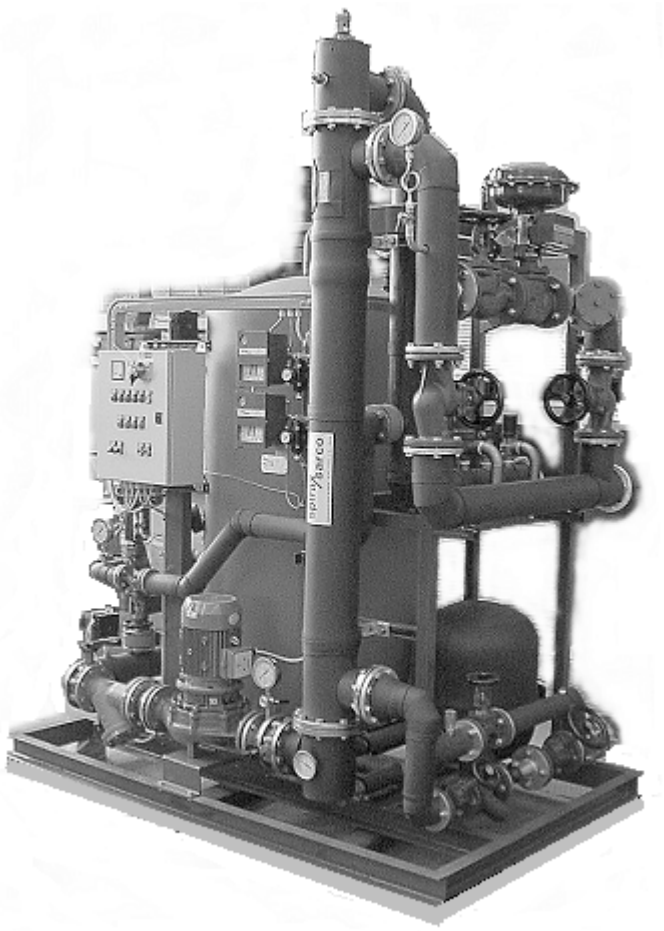


Gruppo preassiemato Valvole di controllo

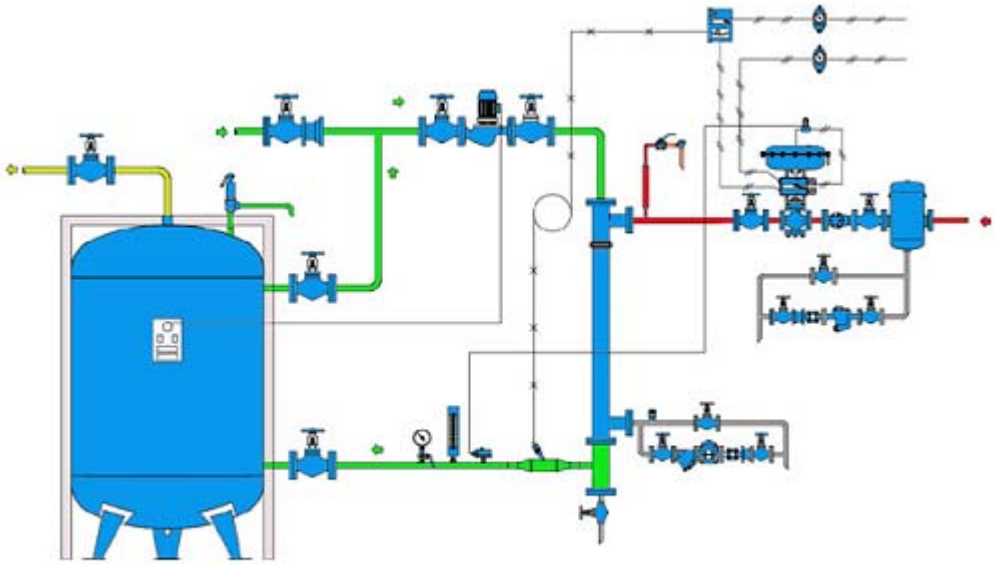


Gruppo Packages produzione acqua calda Riscaldamento

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

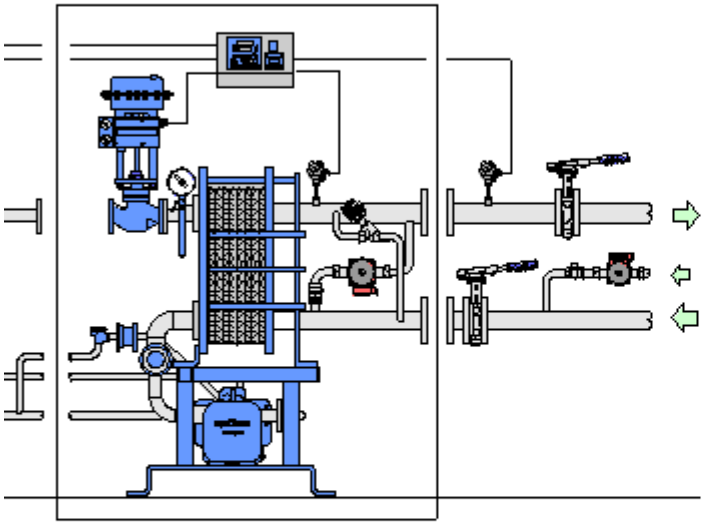


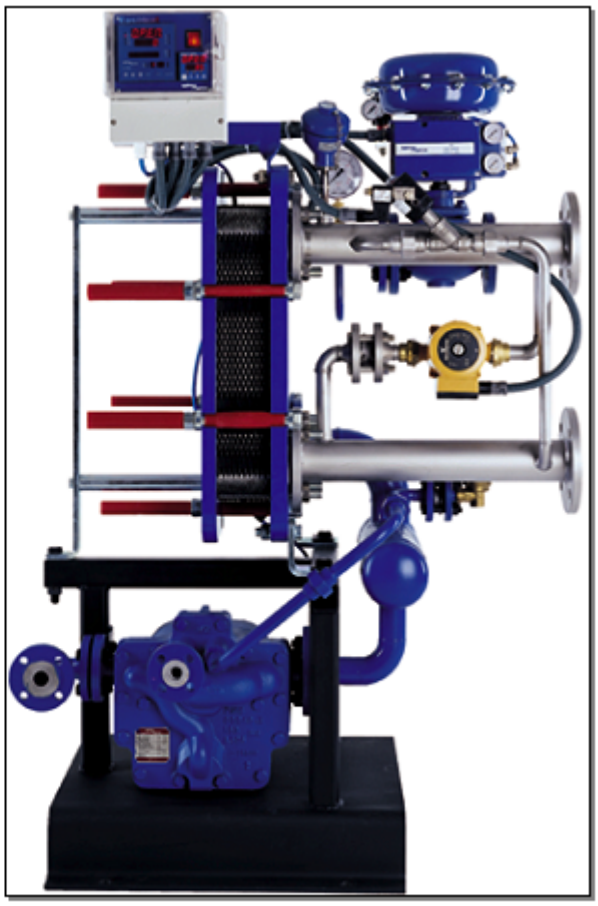
Gruppo Package di produzione acqua calda



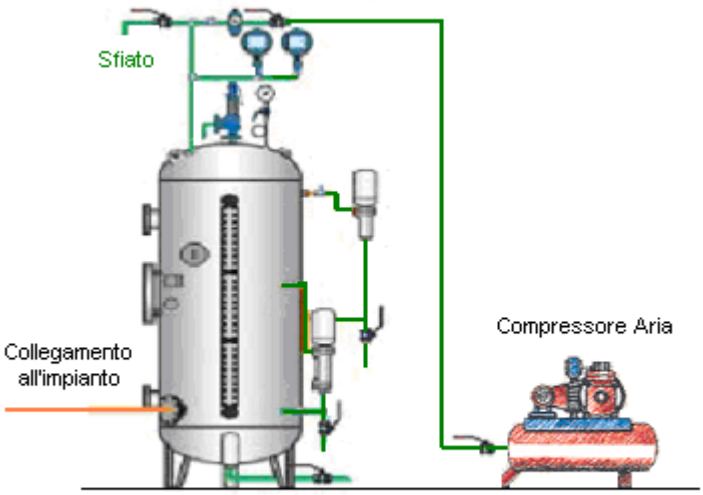
Gruppo Packages produzione acqua calda Sanitaria

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



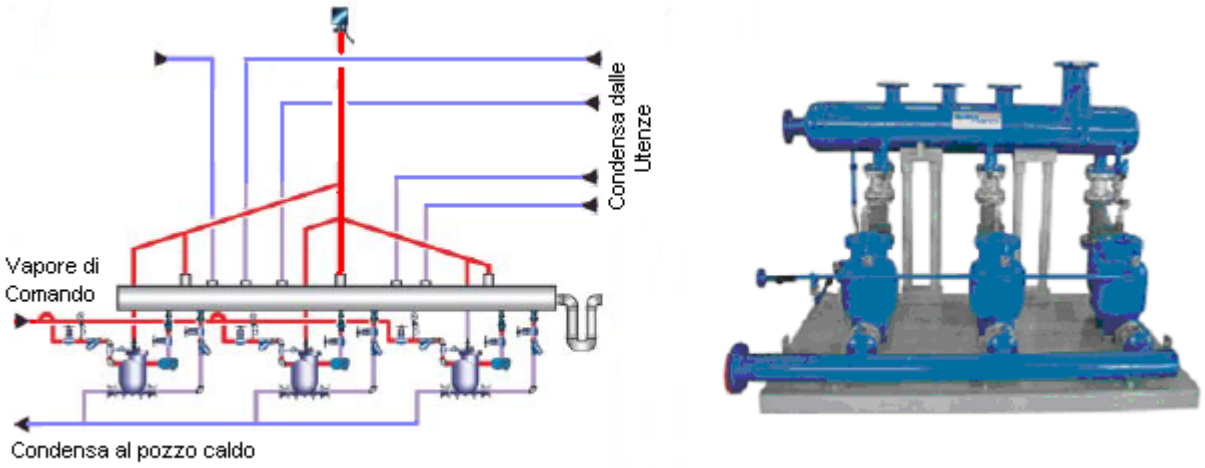


Gruppo Packages produzione acqua calda

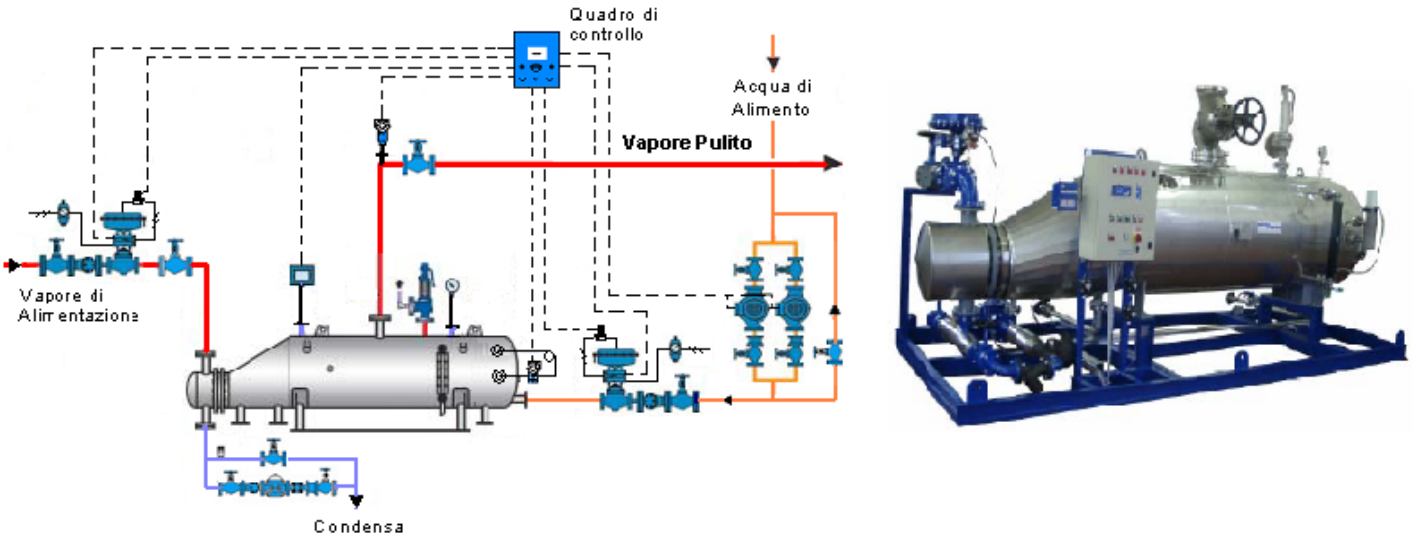


Gruppo di Espansione e Pressurizzazione "AUTROL"

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

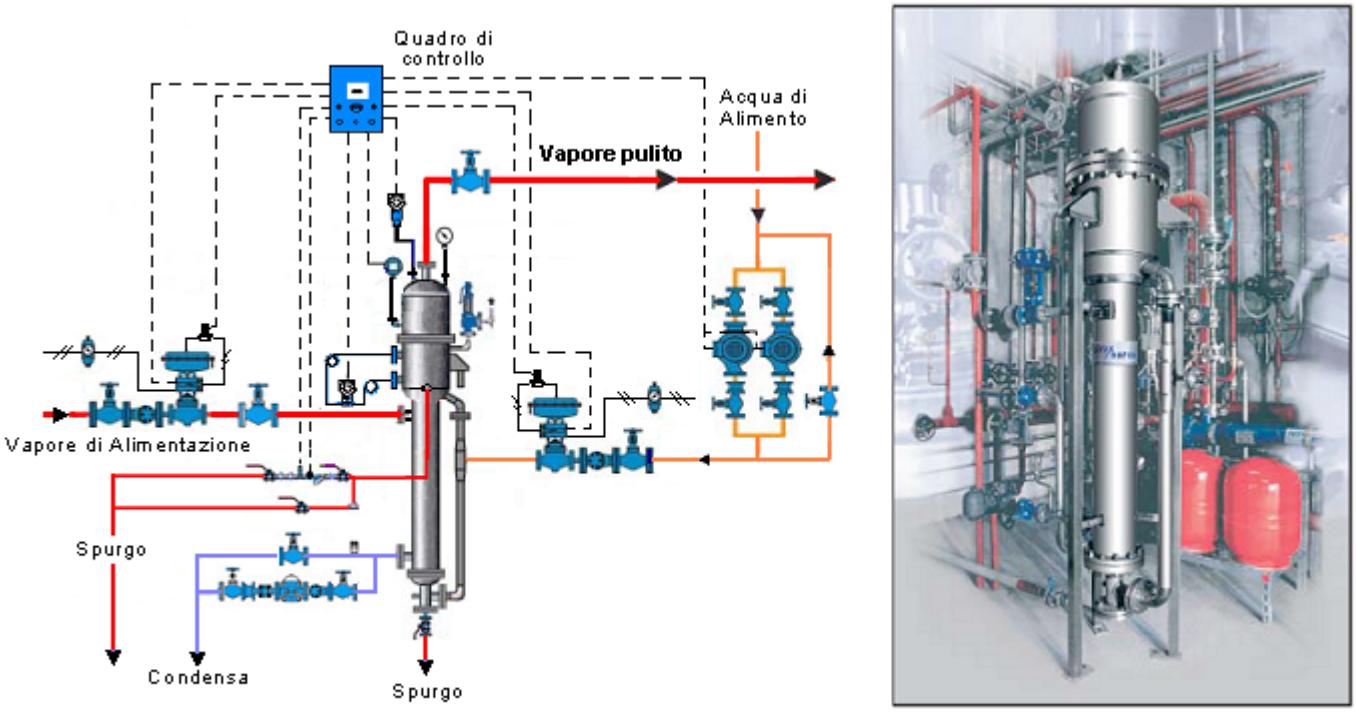


Gruppo Unità di Pompaggio Condense



Gruppo Package di produzione Vapore Pulito con Generatore Orizzontale

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



Gruppo Package di produzione Vapore Pulito con Generatore Verticale

Considerazioni operative

IMMAGAZZINAMENTO

Nota: il simbolo Δ evidenzia le "avvertenze".

Nota: Se il prodotto o sistema non può essere installato immediatamente dopo averlo ricevuto occorre seguire alcune precauzioni per prevenire eventuali danni nel periodo di inutilizzo.

La responsabilità per l'integrità delle unità in questo periodo è dell'utilizzatore.

E' importante applicare le procedure di Immagazzinamento di ciascuna Unità considerando anche i costi delle riparazioni o sostituzioni e i possibili ritardi di rimessa in efficienza. Appena ricevuto il prodotto o sistema, ispezionarlo e verificare se ha subito danni durante il trasporto. Se tutti gli attacchi non sono protetti con il coperchio di plastica o flangie di protezione si possono avere contaminazioni e pertanto è necessario procedere a chiudere le entrate e se ci sono danni evidenti avvisare il corriere ed il fornitore. Se le unità sono in acciaio al carbonio possono contenere oli residui sulle superfici interne ma ciò non preclude la possibilità che si formi ruggine.

Occorre prendere tutte le possibili precauzioni per evitare la ruggine e le contaminazioni. Se le unità devono essere installate dopo due/tre settimane dalla consegna, è consigliabile proteggerle in accordo alla seguente procedura:

- Eliminare l'umidità
- Chiudere gli attacchi con appropriate controflangie cieche.
- Imballare e proteggere con sistemi antiumidità.
- La scelta di proteggere le superfici interne dipende dall'applicazione specifica e dai costi.

Solo se ordinati e se parte integrante della specifica di acquisto la protezione delle superfici interne sarà fatta in fabbrica .

Eliminare qualsiasi accumulo di sporcizia, residui di acqua, ghiaccio o neve ed assicurarsi che l'unità sia asciutta prima di procedere all'immagazzinamento. Se l'unità non è piena di materiale protettivo rimuovere, aprendo gli spurghi, qualsiasi accumulo di acqua e poi richiudere. La presenza di umidità indica che il processo di ossidazione delle superfici e già in corso ed occorre porvi rimedio.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Immagazzinare l'unità proteggendola se possibile, in ambiente riscaldato.
L'ideale è immagazzinare le unità in ambienti asciutti a bassa umidità proteggendoli da pioggia , neve ed altro mantenendo la temperatura ambiente tra 20 e 60°C ed umidità relativa intorno o più bassa del 40%.
Può essere necessario utilizzare delle sostanze deumidificanti (come silice) o deumidificatori portatili per rimuovere l'umidità dell'aria.
In alcuni casi occorre controllare termostaticamente la temperatura dell'aria. Durante la fase di immagazzinamento ispezionare frequentemente le unità.
Se inizia una fase di deterioramento della vernice con formazione di ruggine, occorre ritoccare e riverniciare l'area interessata. Le unità verniciate, a richiesta, con vernici speciali devono essere ritoccate con le stesse vernici richiedendone le caratteristiche al fornitore. Non deve mai essere consentito all'unità verniciata di arrugginire ad un livello tale da indebolirne la struttura.

INSTALLAZIONE
Ogni sistema o prodotto deve essere accompagnato dal manuale di installazione, avviamento e manutenzione.. Se qualcuno di questi documenti risultasse mancante, contattare direttamente il fornitore o il locale rappresentante, prima di iniziare qualunque operazione di installazione, avviamento e manutenzione.

INSTALLAZIONE TRASPORTO E DISIMBALLAGGIO
La maggior parte dei prodotti o sistemi devono essere imballati, a seconda del caso, direttamente in fabbrica.
L'imballaggio deve essere concepito per garantire protezione durante il trasporto e fornire un metodo sicuro per lo scarico e la movimentazione, sia tramite gru che muletto a forche.
Le unità più grandi possono essere spedite senza cassa, ma devono essere dotate di appositi occhielli per il sollevamento e la movimentazione.
Δ Le unità devono essere sollevate agendo solamente sulle aree indicate sulla cassa, oppure usando gli occhielli di sollevamento chiaramente evidenziati. Metodi impropri di sollevamento possono danneggiare le unità.

CONDIZIONI DI ESERCIZIO
Prima di ogni operazione pratica occorre controllare che le condizioni di esercizio previste rientrino nei limiti massimi ammissibili indicati sulla targhetta di identificazione. Vedere le specifiche di progetto di ciascuna unità nonché la targa dati apposta al fine di determinare le massime condizioni di esercizio di ciascuna unità.
Assicurarsi che ci sia spazio sufficiente alla estremità dell'unità per consentirne la manutenzione. Rispettare nel collegamento la direzione entrata/uscita dei fluidi come previsto nel progetto.
Δ Lato caldo - lato freddo.
Qualora il fluido di servizio sia costituito da vapore, acqua surriscaldata od olio caldo, è bene verificare qual è il lato caldo previsto in sede di progetto.
Controllare la posizione di installazione e verificare che essa sia compatibile con le specifiche dell'unità. Naturalmente è consigliabile il posizionamento per un minimo ingombro ed il minor sporcamento.
Requisiti per la collocazione delle unità.
Le unità devono essere progettate per soddisfare le specifiche di installazione. Ovvero devono riportare, se da montare su superficie piana, il massimo grado di pendenza ed il peso totale; se da montare diversamente le caratteristiche e specifiche di montaggio. L' installazione va fatta in accordo ai regolamenti e procedure vigenti e secondo le specifiche dell'impianto. Se l'unità è spedita con imballo, dopo essere stata posizionata deve essere disimballata con cura.
Δ Attenzione: prevedere uno spazio intorno all'apparecchio che consenta l'accesso per manutenzione in accordo alla legislazione vigente.

Caratteristiche e specifiche
Tutti i componenti opportunamente dimensionati, devono essere montati, collegati e provati ,come insiemi, in campo se ordinati come singoli componenti o presso il fornitore prima della spedizione se ordinati come sistemi. Ciascuna unità deve essere costruita in accordo alle specifiche del cliente e deve richiedere solo di essere allacciata alla sorgente di energia, corrente o aria compressa per essere pronta per l'avviamento.
Il concetto di "package" prevede ingombri ridotti, che sono ideali per nuove installazioni grazie al minimo spazio richiesto.

Verifica dell'unità
Dopo aver tolto l'imballaggio e installato l'unità, essa deve essere esaminata accuratamente per assicurare che l'unità principale e ciascun componente non sia stato danneggiato durante il trasporto. Se viene rilevata una qualunque evidenza di danneggiamento che potrebbe avere effetti sulla sicurezza operativa dell'unità, si deve contattare il fornitore, o un rappresentante commerciale autorizzato, per dare informazioni sul danno e ricevere istruzioni su come procedere.
Questo può essere effettuato verificando le specifiche di progetto (incluse nell'unità stessa) con le targhette fissate su ciascun componente. Se viene trovata una qualsiasi discrepanza (rispetto alle specifiche di progetto), si deve contattare il fornitore o un rappresentante commerciale autorizzato, prima di procedere con l'installazione.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Montaggio dell'unità

L'unità dovrebbe essere fissata , seguendo i requisiti del regolamento vigente, o gli standard accettati per l'installazione nel luogo specifico e per l'unità acquistata.

In aree a rischio di oscillazioni, si raccomanda che l'unità sia montata in accordo alle procedure raccomandate per il luogo, in modo che sia meno suscettibile a danneggiamento.

Procedure preliminari generali

Δ Le unità o i sistemi devono essere forniti di disegni che indicano la posizione e le caratteristiche dei collegamenti da effettuare. In aggiunta, sui disegni devono essere riportati le direzioni dei flussi. Questi devono essere gli schemi da seguire per l'installazione.

Δ Tutte le procedure di installazione, avviamento e manutenzione devono essere eseguite da personale esperto ed autorizzato. Il personale deve essere istruito su metodi e procedure per l'esecuzione degli allacciamenti elettrici e dei circuiti in pressione, e dovrebbe essere esperto nei lavori su impianti a vapore, olio caldo o acqua surriscaldata.

Il personale che eseguirà tali attività deve leggere attentamente ed in modo completo e comprendere tutti i manuali dei prodotti forniti prima di iniziare qualsiasi attività descritta nelle procedure.

Tutto il personale deve porre molta attenzione a tutte le Note, Precauzioni ed Avvertenze contenute nelle procedure descritte nei manuali. Tutte le precauzioni contenute nelle avvertenze devono essere accuratamente seguite per ridurre il rischio di infortuni. Verificare che tutta la documentazione per ciascuno dei componenti principali sia allegata al sistema. Si raccomanda fortemente che ciascun documento sia studiato prima di qualunque operazione di installazione, avviamento e manutenzione.

La documentazione di ognuno dei componenti principali può contenere avvertenze e precauzioni segnalate dal fabbricante di ciascun componente. Queste avvertenze e precauzioni potrebbero essere specifiche del particolare componente .

Δ Questo manuale intende coprire le procedure d'installazione, avviamento e manutenzione ,in linea generale, di tutti i prodotti o sistemi del circuito vapore.

Poiché ciascuna unità è costruita secondo le specifiche del cliente, le istruzioni sono per forza generali.

Se questo manuale non risponde a specifici quesiti, oppure le procedure in esso contenute non sono chiaramente comprese, si prega di contattare il fornitore per chiarimenti.Qualora non fossero chiari o esistenti gli schemi specifici delle unità contattare il fornitore prima di procedere all'installazione.

In linea generale le Unità sul circuito vapore o altri fluidi quando completamente strumentati si installano seguendo questa semplice procedura(se uno degli elementi non facesse parte della specifica applicazione non considerarlo)

Nota: prima di fare qualsiasi connessione assicurarsi che tutte le tubazioni siano pulite e libere da corpi estranei o scorie. Questo viene usualmente fatto soffiando le tubazioni con aria compressa. Qualsiasi corpo estraneo o scoria può compromettere la funzionalità o le prestazioni delle unità.

1. Quando il circuito comprende sia il fluido caldo che quello freddo collegare prima la tubazione del fluido freddo .
2. collegare l'uscita dell'unità alla tubazione d'uscita;
3. collegare la sorgente di energia (vapore, olio diatermico, acqua surriscaldata, o altro fluido) alla tubazione di entrata dell'unità.
4. collegare la linea di ritorno della sorgente di energia alla tubazione del sistema di ricircolo;
5. collegare la valvola di sicurezza ad un adeguato sistema di sfiato e drenaggio;
6. collegare la sorgente di energia elettrica (se l'unità è equipaggiata con un componente di controllo attivato elettricamente);
7. collegare una appropriata sorgente d'aria per gli strumenti di controllo pneumatici.

Δ Prima di cominciare qualunque operazione di installazione, avviamento e manutenzione sull'unità:

1. assicurarsi che la linea di alimentazione (vapore, olio , acqua surriscaldata) sia stata intercettata chiudendo la valvola manuale.
2. se il sistema era in funzione, lasciarlo adeguatamente raffreddare (così come le linee di alimentazione e di uscita) prima di iniziare l'intervento.
3. assicurarsi che la corrente sia stata tolta prima di avviare qualunque operazione.
4. assicurarsi che tutte le valvole di intercettazione sulle linee di ingresso, uscita e di drenaggio siano chiuse.
5. assicurarsi che l'alimentazione strumenti sia chiusa e la pressione dell'aria sia stata intercettata

Δ La contemporanea presenza di acqua ed energia elettrica può portare a condizioni di pericolo.Assicurarsi che la corrente venga tolta prima di iniziare qualunque operazione di installazione o manutenzione.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Attacco sorgente fluido freddo (se esiste)

Il primo passo della procedura di installazione consiste nella connessione della sorgente del fluido freddo. L'esatta posizione di questo attacco per la specifica unità, il diametro della tubazione e la dimensione, deve essere determinato dal disegno fornito con l'unità.

Una valvola di chiusura manuale deve essere installata a monte come dispositivo di intercettazione. E' utile installare anche una valvola di ritegno. La valvola di chiusura manuale deve rimanere chiusa fino al completamento dell'installazione.

Δ Nota: per tutte le connessioni delle tubazioni, l'uso e/o il tipo di sigillante o le guarnizioni, nei punti di accoppiamento, devono essere scelte secondo le regole locali, accettati dalla pratica comune, o secondo le specifiche dell'installatore.

Attacco di presa vapore (se esiste)

Il successivo passo nella procedura di installazione è collegare l'impianto di distribuzione del vapore all'attacco di presa vapore .

L'esatta posizione di questo attacco per la specifica unità, il diametro della tubazione e la dimensione, deve essere determinato dal disegno fornito con l'unità.

Una valvola manuale di intercettazione e una valvola automatica di ritegno devono essere installate a valle della linea di distribuzione del vapore come dispositivo di intercettazione nel caso in cui l'unità debba essere disconnessa dal sistema.

La valvola di intercettazione deve essere chiusa e rimanere tale fino al completamento dell'installazione.

Δ Nota: le valvole di intercettazione manuali e le valvole di non ritorno devono soddisfare le specifiche e i requisiti previsti dai regolamenti locali.

Linea ritorno condensa (se esiste)

Con il trasferimento del calore si genera condensa. Questa condensa deve poter essere drenata dall'apparecchio e ritornare al sistema di vapore primario attraverso la linea di ritorno condensa.

La linea di ritorno condensa deve essere collegata alla presa di condensa dell'apparecchio che normalmente è localizzata a valle degli scaricatori principali e ausiliari. L'esatta posizione della presa di condensa, il diametro della tubazione ed eventuale filettatura possono essere ricavate dal disegno fornito con ogni apparecchio.

La linea di ritorno condensa deve essere ricollegata al sistema per il ricircolo e il recupero.

Una valvola manuale di intercettazione deve essere installata a valle della linea di ritorno condensa per permettere l'isolamento dell'apparecchio dal sistema. La valvola di intercettazione della condensa previene il ritorno del vapore o della condensa nel caso in cui venga scollegata la linea.

Valvola di Sicurezza, sfiato e scarico

Tutti i sistemi in pressione sono equipaggiati con una o più valvole di sicurezza. Nella maggior parte delle applicazioni, la valvola di sicurezza sfiata in atmosfera . Le tubazioni utilizzate per il sistema di sfiato della valvola di sicurezza devono essere adeguate per la capacità di efflusso della valvola stessa.

Il sistema di sfiato deve permettere il drenaggio di eventuale condensa ed essere collegato ad uno scarico adatto.

Il collegamento della valvola di sicurezza ad un sistema di sfiato e scarico adatti serve sia a prevenire danni all'apparecchio sia a ridurre il rischio di incidenti causati dal fluido scaricato.

Tutti gli sfiati e le tubazioni relativi alla valvola di sicurezza devono essere conformi ai regolamenti vigenti. E' responsabilità dell'acquirente / installatore assicurare questa conformità.

Δ Non installare una valvola tra la valvola di sicurezza e lo sfiato o la linea di sfiato. Ciò potrebbe causare seri danni o la morte se la valvola di sicurezza interviene e la valvola manuale risulta chiusa. Questa situazione può causare un aumento eccessivo della pressione con pericolo di esplosione.

Collegamento della strumentazione elettrica di controllo

Per tutti i sistemi o prodotti equipaggiati con parti elettriche occorre assicurarsi che la tensione di alimentazione sia corretta.

Δ La presenza di elettricità ed acqua può determinare una situazione di pericolo. Assicurarsi che l'energia elettrica sia esclusa prima di iniziare una qualsiasi procedura di installazione o manutenzione.

Per i collegamenti elettrici occorre riferirsi allo schema di cablaggio che è fornito con ciascun apparecchio o sistema, o alle istruzioni di installazione contenute nel Manuale di Uso e Manutenzione di ciascun apparecchio o sistema.

Qualora non fossero chiari o esistenti gli schemi specifici delle unità contattare il fornitore prima di procedere all'installazione.

Nota: tutti i collegamenti devono essere effettuati da elettricisti preparati.

Collegamento della strumentazione pneumatica di controllo

Per tutti i prodotti o sistemi equipaggiati con componenti pneumatici occorre assicurarsi che la

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

pressione di alimentazione dell'aria compressa sia corretta.
Riferirsi al disegno fornito, con la specifica installazione ed ai manuali di installazione operativi di ciascun apparecchio per determinare i requisiti del componente stesso.

Δ Assicurarsi che la linea di alimentazione aria strumenti sia stata chiusa, e che la linea a valle non sia in pressione prima di iniziare qualsiasi connessione.
Riferirsi al disegno o alle istruzioni di installazione contenuti nel Manuale di Uso e Manutenzione del componente pneumatico ed alle relative istruzioni di collegamento pneumatico.

Δ Nota: per tutte le connessioni pneumatiche, l'uso e/o il tipo di sigillante o di guarnizioni degli accoppiamenti devono essere scelti secondo regole accettate dalla pratica comune, o secondo le specifiche dell'installatore.

Collegamento delle linee di drenaggio

Quando i prodotti o sistemi sono equipaggiati con valvole di drenaggio e di scarico occorre considerare che lo scarico da queste valvole avviene a pressione e temperatura uguale a quella del vapore generato e può causare incidenti se non collegate correttamente.
Si raccomanda che la linea di drenaggio sia collegata ad un serbatoio con relativo sistema di condensazione prima che venga collegata allo scarico.

Δ L'acqua di drenaggio proveniente da un sistema vapore trovandosi alla pressione del vapore può vaporizzare istantaneamente (flash) appena in contatto con l'atmosfera.

Completamento dell'Installazione

A completamento della installazione tutta la documentazione fornita con l'apparecchio o sistema deve essere passata al personale di manutenzione.

Linee guida di Avviamento e Manutenzione.

Δ Nota: Vedere le specifiche di progetto di ciascuna unità, nonché la targa dati apposta all'esterno del sistema e le targhe dati di ciascun componente collegati all'apparecchio al fine di determinare le massime condizioni di esercizio dell'unità.

Δ Vapore o acqua surriscaldata possono essere molto pericolosi, dovuto al fatto che essi sono fluidi in pressione ed a temperature molto alte.
Per evitare possibili incidenti, anche mortali, usare il buon senso e seguire tutte le procedure normalmente accettate e raccomandate quando si iniziano operazioni di installazione, avviamento e manutenzione.

Δ **Avvertenze**
Ogni prodotto o sistema che utilizza vapore, olio o acqua surriscaldata in pressione, così come l'elettricità, rappresenta un potenziale pericolo di gravi infortuni alle persone se non vengono seguite attentamente le procedure di installazione, avviamento e manutenzione.

Δ . Aree di potenziale pericolo

1. tutte le linee del vapore, olio o acqua surriscaldata, giunti, valvole e regolatori di pressione
2. tutte le linee del vapore prodotto, valvole giunti e regolatori di pressione.
3. tutte le connessioni e cavi elettrici.
4. tutte le linee e giunti dell'aria di alimentazione degli strumenti pneumatici

Funzionamento

Dopo aver completato tutte le procedure di installazione ed eseguita una doppia verifica sui collegamenti l'unità è pronta per essere avviata. Come precauzione è fortemente consigliato seguire le seguenti procedure di avviamento e di messa fuori servizio.
Procedura di Avviamento

1. Assicurarsi che tutte le valvole di intercettazione manuali siano chiuse.
2. Assicurarsi che sia presente sia l'alimentazione elettrica che quella pneumatica per permettere di regolare l'operazione di avviamento.
3. Aprire lentamente la valvola di intercettazione manuale sulla linea del fluido freddo(se esistente), verificando che non vi siano perdite dalla valvola o dalle connessioni. Durante le operazioni iniziali, mantenere la valvola di sicurezza aperta per permettere la fuoriuscita dell'aria dal serbatoio oppure montare un eliminatore di aria. Questo velocizzerà il processo .
4. Questo processo termina quando vengono raggiunte le corrette condizioni di funzionamento(es. pressione , livello etc.)
5. Posizionare i set-point di regolazione ai valori di esercizio desiderati. Consultare la specifica dei prodotti ed i manuali per determinare l'esatta posizione e le corrette procedure di impostazione .
6. Tarare gli allarmi di massima. Consultare i manuali inclusi per determinare l'esatta posizione e le corrette procedure di taratura.
7. Aprire le valvole delle linee di ritorno: Aprire lentamente la valvola di intercettazione sull'ingresso del fluido di calore (primario) e la valvola sulla linea di

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

uscita, creando una situazione di funzionamento approssimativamente vicina a 10-25 % delle condizioni di progetto del sistema. Essendo le valvole aperte verificare eventuali perdite su tutte le valvole e su tutte le connessioni. Per le valvole di regolazione pneumatiche, aprire le valvole di alimentazione dell'aria strumenti.

8. Appena l'unità inizia il suo funzionamento riverificare eventuali perdite sulle linee.
9. Se non si riscontrano perdite proseguire con l'apertura graduale della valvole di intercettazione manuale.
10. Verificare che le variabili del processo siano nel campo desiderato. Consultare la specifica del prodotto e il manuale incluso per determinarne l'esatta posizione e le corrette procedure di taratura.
11. Dopo che l'unità ha raggiunto le condizioni operative, ispezionare nuovamente tutte le connessioni per eventuali perdite. Inoltre verificare tutti gli indicatori (manometri, termostati....) e i componenti di controllo ed assicurarsi che la pressione del vapore e del fluido primario rimangano all'interno delle specifiche di progetto.
12. Ora l'unità è pronta per il normale funzionamento.

Ispezioni

La tabella seguente riassume gli intervalli di tempo raccomandati per le ispezioni di un sistema vapore, dei componenti, delle linee dei fluido e delle connessioni pneumatiche e di potenza.

IMPORTANTE
INFORMAZIONI SULLA SICUREZZA:
LEGGERE ATTENTAMENTE

Rischi da considerare per l'installazione, l'uso e la manutenzione:

1. Accessibilità: Assicurarsi una accessibilità sicura e se necessario una piattaforma di lavoro prima di cominciare a lavorare sul prodotto. Predisporre un mezzo di sollevamento se necessario.
2. Illuminazione: Assicurare una adeguata illuminazione, specialmente dove si deve lavorare su dei particolari o in zone intricate.
3. Liquidi o gas pericolosi nelle tubazioni Considerare che cosa c'è nelle tubazioni o che cosa c'è stato fino a poco tempo prima. Considerare se ci sono materiali infiammabili, sostanze dannose alla salute, valori estremi di temperatura.
4. Atmosfere ed aree di pericolo. Considerare: aree a rischio di esplosione, mancanza di ossigeno (serbatoi o pozzi), gas pericolosi, valori estremi di temperatura, superfici riscaldanti, fiamme libere a rischio (es. durante saldatura), elevati livelli di rumorosità, macchine in movimento.
5. Il sistema. Considerare gli effetti sull'intero sistema del lavoro da svolgere. Può qualche intervento (ad esempio chiudere una valvola di intercettazione, togliere tensione) mettere a rischio qualche parte del sistema o qualche altro lavoratore? Tra i pericoli si possono includere la chiusura degli sfiati o l'isolamento dei dispositivi di protezione o il rendere inefficaci i controlli o gli allarmi. Assicurarsi che le valvole di intercettazione siano chiuse o aperte in modo graduale per evitare shock al sistema.
6. Sistemi in pressione. Assicurarsi che ogni parte in pressione sia isolata o sfiatata alla pressione atmosferica in modo sicuro. Considerare la necessità di isolare in due punti (doppio blocco e sfogo) e di bloccare e/o marcare le valvole chiuse. Non presumere che il sistema sia depressurizzato solo perché il o i manometri indicano zero.
7. Temperatura. Attendere un tempo sufficiente perché la temperatura si normalizzi dopo l'isolamento per evitare il rischio di bruciature.
8. Attrezzi e materiale di consumo. Prima di iniziare il lavoro assicurarsi la disponibilità di attrezzi adatti e/o materiali di consumo. Usare solo ricambi originali .
9. Indumenti protettivi. Considerare se sia necessario qualche tipo di indumento protettivo per proteggersi dai rischi derivanti da, per esempio, sostanze chimiche, temperatura alta o bassa, rumore, caduta di pesi, danni agli occhi o al viso.
10. Autorizzazione per lavorare. Tutti i lavori devono essere eseguiti o supervisionati da personale competente.
11. Quando è richiesta una autorizzazione formale a lavorare, occorre uniformarsi a questa disposizione. Dove non c'è tale disposizione si raccomanda che una persona responsabile sia a conoscenza del lavoro in corso e dove necessario provvedere affinché ci sia un assistente la cui primaria responsabilità sia la sicurezza. Inviare avvertenze scritte se necessario.
12. Lavori elettrici. Prima di iniziare il lavoro studiare lo schema elettrico e le istruzioni per i collegamenti e ogni particolare requisito.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

13. Considerare in particolare: tensione e fase della linea esterna, sezionamenti di linea locali, caratteristiche dei fusibili, messa a terra, cavi speciali, entrata dei cavi/passacavi, schermaggio elettromagnetico.
14. Messa in esercizio. Dopo l'installazione o la manutenzione assicurarsi che il sistema sia perfettamente funzionante. Eseguire dei test su ogni dispositivo di allarme o di protezione.
15. Smaltimento. Le apparecchiature inutilizzabili devono essere smaltite con una procedura che garantisca la sicurezza.
16. Restituzione dei prodotti. Si ricorda che, in accordo con le leggi della Comunità Europea sulla salute, Sicurezza e Protezione ambiente, il cliente utilizzatore che restituisca prodotti per controlli e/o riparazioni deve fornire le necessarie informazioni sui pericoli e le precauzioni da prendere a seguito di presenza residua di prodotti contaminanti o danneggiamenti occorsi che possano rappresentare rischi per la salute e/o la sicurezza dell'ambiente. L'informazione deve essere trasmessa in forma scritta e dovrà comprendere istruzioni esecutive per ogni sostanza classificata come pericolosa.

Ispezioni raccomandate

Tipo di Ispezione	Secondo Specifica	Ogni giorno	Ogni settimana	Ogni 3 mesi	Ogni 6 mesi	Ogni anno	Ogni 2 anni
Scarichi		V					
Valvole di Controllo							
Livelli		V					
Presso stati/Termostati				V			
Fasci tuberi/Guarnizioni							V
Guarnizioni						V	
Ingresso/Uscita/Ritorni				V			
Connessioni pneumatiche				V			
Connessioni (potenza)				V			
Pressioni	V						
Valvole Sicurezza	V						
Valvole Manuali			V				
Sistema di sicurezza					V		
Filtri/Accessori				V			
Scaricatori					V		

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

AUTOMAZIONE DI UN SISTEMA VAPORE CON TECNOLOGIA A BUS DI CAMPO "FIELDBUS FOUNDATION"

INDICE

Argomento	Pagina
Steam management solutions	2
Rinnovo e ammodernamento di una centrale termica e idrica di un Ospedale	3
Schemi di regolazione di un impianto vapore in fieldbus foundation di un Ospedale	7 - 8

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Steam Management Solutions

Dal 1910 Spirax Sarco fornisce prodotti per l'uso efficiente del vapore e degli altri vettori termici e fluidi industriali.

La combinazione di tali conoscenze e le più avanzate tecnologie hanno permesso la progettazione di unità di gestione che consente di:

- Massimizzare l'efficienza
- Ridurre gli inquinamenti ambientali
- Incrementare la produttività

Circa il 45% del combustibile bruciato è impiegato per la generazione del vapore, necessario in moltissimi processi Ospedali compresi.

Con l'utilizzo di strumenti e procedure appropriate si possono risparmiare ingenti risorse finanziarie, infatti è dimostrata la possibilità di ridurre fino al 30 – 40% dell'intero sistema vapore.

Il sistema offre, circa al costo di una soluzione convenzionale, tutti i vantaggi di un sistema totalmente digitale con tecnologia a bus di campo Foundation Fieldbus.

F.F. è attualmente la tecnologia più avanzata e contemporaneamente consolidata da centinaia di applicazioni Italiane e internazionali. Ciò garantisce che l'investimento impiantistico effettuato non risulterà obsoleto nel periodo di pochi anni; sarà supportato, in quanto protocollo **non proprietario,** da tutte le maggiori società operanti nel settore della strumentazione industriale e continuamente aggiornato in funzione delle esigenze sempre maggiori espresse dagli utenti finali.

Sinteticamente i vantaggi offerti da tale soluzione in termini impiantistici risultano essere:

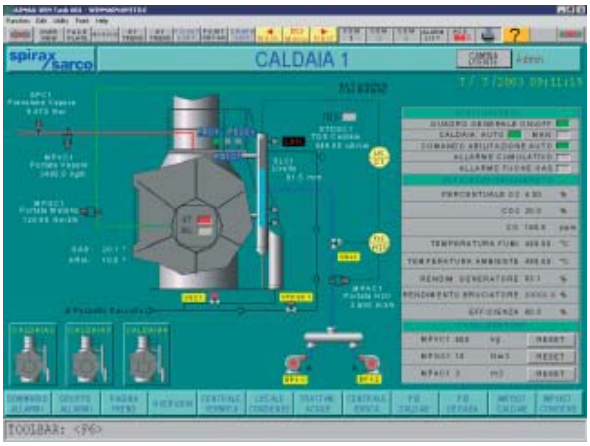
- **Drastica riduzione dei collegamenti a campo:** è previsto un doppino per una media di 12 – 15 strumenti/attuatori (valvole di regolazione)
- **Potente diagnostica** in grado di monitorare in continuo le condizioni di funzionamento dell'impianto
- Possibilità di **integrazione progressiva** ed **illimitata** e **flessibilità nelle modifiche**
- Notevole **riduzione nei tempi di star-up** dell'impianto
- Impiego di **hardware reperibile sul mercato da più fornitori** (sistema aperto)
- Impiego di **software standard** ed internazionale(Microsoft Windows NT 2000 – Foundation Fieldbus – Genesis, ecc.)
- Apertura a **piattaforma software** di ottimizzazione, manutenzione, gestione qualità e automazione in genere
- **Alta immunità ai disturbi,** senza degrado o deriva, tipica nella trasmissione dei segnali analogici (V–mA)
- **Sicurezza e disponibilità in caso di guasto:** il primo grado di sicurezza è garantito dal concetto tecnologico Foundation Fieldbus che consente di riservare in campo (direttamente nel microprocessore dello strumento) tutte le funzioni di controllo impiantistico (vero controllo distribuito). Alla stazione di controllo dell'operatore è delegato unicamente il compito di configurare (fase iniziale) e di interfacciarsi (mediante pagine grafiche interattive) verso tutte le operazioni tradizionali (controllo P.I.D.,verifica e riconoscimento allarmi e blocchi, registrazione in tempo reale e storiche) e verso le funzioni avanzate (diagnostica, manutenzione proattiva, cronologia allarmi e/o interventi, calcolo rendimenti, consumi). Il secondo grado di sicurezza è anche esso reso disponibile già nella versione base dalla tecnologia Foundation Fieldbus mediante la funzione "Master Back-up" e "Status Opts". Queste funzioni consentono infatti, in caso di guasto di uno o più componenti, il trasferimento in automatico del controllo di linea e la messa in sicurezza dei P.I.D. (Il microprocessore intelligente posto all'interno di ogni strumento o attuatore, "forza" da automatico a manuale, ad una condizione predefinita, l'organo di controllo finale) ciò consente all'operatore, in aggiunta alla diagnostica sempre attiva, di intervenire con sicurezza e talvolta senza fermata di impianto. Gradi superiori di ridondanza e disponibilità possono essere ottenuti con costi decisamente contenuti in funzione del presidio disponibile in centrale termica o della necessità di garantire continuità, mediante impiego di ridondanza nelle alimentazioni, nella stazione di controllo o con l'impiego di modem o internet per diagnosi remote con il centro di assistenza Spirax Sarco.
- **Integrazione** con realtà impiantistiche esistenti (segnali analogici, pneumatici, digitali, seriali) mediante convertitori, ingressi analogici diretti, corsetterie remote intelligenti, porte di comunicazione Ethernet/Rs 232/485.

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Rinnovo ed ammodernamento della centrale termica ed idrica di un Ospedale

Scorcio prospettico di parte della centrale termica

I complessi ospedalieri vanno via via assumendo importanza sempre più rilevante nelle attività tecnico impiantistiche e l'attenzione con cui vengono curate la progettazione, l'esecuzione dei lavori e la funzio-nalità di sistema dimostrano come giustamente si tenda a riservare più spazio ad importanti esigenze e crescenti necessità ed, in definitiva, come sia aumentata la presa di coscienza e la generale consapevolezza dei valori da difendere, ampliare ed a cui riservare il giusto riconoscimento e peso. Vogliamo dedicare spazio ad una importante opera cui abbiamo avuto la facoltà di collaborare e che ci sembra un ottimo esempio di cooperazione, fruttuosa e fattiva, tra gruppi tecnici di diversa astrazione che ha portato ad eccellenti risultati e ad una funzionalità impiantistica certamente ottima, come è doveroso augurarsi e sperare in un complesso sanitario ospedaliero.
All'interno di un piano di ammodernamento della struttura, è stato dato corso ad un processo di rifacimento completo e di razionalizzazione della centrale termica di produzione vapore in senso lato e della centrale idrica e di altri servizi collegati. **Spirax Sarco** ha avuto la possibilità di partecipare a tutte le varie fasi del progetto, rendendo disponibili le proprie conoscenze ed esperienze tecnico impiantistiche nel campo delle centrali e degli impianti vapore, dello scambio termico e delle regolazioni di processo. Il rifacimento della centrale ha richiesto lo studio di un nuovo layout cui sono stati dati tutti i necessari
crismi di funzionalità, sicurezza, flessibilità e ridondanza per assicurare massima certezza di continuità, economicità di esercizio ed ottimizzazione di conduzione e rendimento sia delle caldaie che dell'intero impianto. Queste importanti caratteristiche vengono assicurate dall'utilizzo di quattro caldaie vapore a 12 bar e con la produttività totale di 32.000 kg/h di vapore saturo. I collettori di raccolta e distribuzione ed i serbatoi di stoccaggio condense e degasazione sono sdoppiati e multiplo è anche il sistema di produzione acque di servizio, in modo da permettere il regolare e periodico controllo degli ispettori dell'ente di sorveglianza senza che venga minimamente ridotta la capacità e continuità erogativa. Si sono seguiti il principio generale ed i concetti della regolazione distribuita in cui tutte le azioni di controllo sono normalmente espletate dai regolatori in campo e dove la continuità di eventuali funzioni vitali e sicurezze del sistema sono sempre garantite da opportune ridondanze; i dati di funzionamento, i parametri di regolazione, le soglie di allarme e le segnalazioni relative sono concentrate sul sistema di supervisione: il colloquio tra strumenti in campo e supervisione sono assicurati da sistema di comunicazione a bus di campo con protocollo FOUNDATION Fieldbus che rappresenta " la sicurezza" e si proietta nel futuro della automazione, diagnostica, manutenzione, supervisione locale e remotizzata.



Pagina sinottica ed elementi funzionali di una delle Caldaie

L'architettura del sistema è costituita da:

-Rete Fieldbus con n° 2 DFI (una dedicata alle caldaie e l'altra ai restanti servizi) e n° 6 rami Fieldbus (4 rami per le caldaie e 2 per i servizi);

-Interfaccia Modbus con il quadro bruciatori di ciascuna caldaia per l'acquisizione dei dati relativi alla combustione;

-Interfaccia Modbus con il DCS gestionale per il trasferimento di tutti i dati di funzionamento al si-stema centrale di elaborazione;

-Computer di supervisione con software d'interfaccia uomo macchina Aimax.

Lo scopo del sistema è:

- Acquisizione e monitoraggio delle misure e dei segnali dall'impianto;
- Realizzazione delle strategie di regolazione e conduzione per ciascuna delle quattro caldaie, regolazioni dei sistemi di ricevimento, degasazione e condizionamento delle condense e dell'acqua demineralizzata;

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

. • Esecuzione dei calcoli di rendimento delle caldaie.

Controllo dei generatori vapore.
Il progetto della regolazione e del controllo delle caldaie è stato previsto ed effettuato in accordo alle normative TRV 604, in previsione di una prossima e decisiva definizione della legislazione a livello europeo, con il dichiarato intento di rendere più facile ed efficiente la sorveglianza a distanza che, unitamente all'adozione di opportune caratteristiche delle apparecchiature di allarme e sicurezza (autocontrollo, autodiagnosi, segnalazione e posta in sicurezza in condizioni di avaria dei componenti) dovrebbe assicurare una più leggera e semplice gestione di centrale con parziale esenzione della presenza continuativa del personale specialistico di conduzione.
La collaborazione con il costruttore delle caldaie è determinante per individuare e stabilire esigenze, caratteristiche e per coordinare il lavoro con i tecnici addetti allo studio e alla definizione della regolazione, nonché la logica di conduzione e delle sicurezze sia nel funzionamento automatico che per quello manuale.
Ogni caldaia è dotata di strumentazione di misura per l'acquisizione dei necessari parametri di lavoro onde raccogliere tutte le necessarie informazioni per una oculata ed economica regolazione e gestione, rendendo possibile l'ottimizzazione della conduzione attraverso il calcolo e la sorveglianza continua dei rendimenti.
Le misure effettuate su ciascuna caldaia sono:
- Pressione del vapore,
- Livello nel corpo cilindrico (misura in continuo),
- Livelli massimo, minimo, superminimo (contatti),
- Concentrazione dei sali (TDS),
- Portata del vapore erogato (compensata in pressione e totalizzata),
- Portata del metano consumato (compensata in pressione e temperatura e totalizzata),
- Portata acqua fornita alla caldaia con relativa totalizzazione.

I calcoli e le regolazioni su ciascuna caldaia sono:
- Compensazione alla pressione della portata vapore;
- Compensazione alla pressione e temperatura della portata metano;
- Totalizzazione delle portate misurate con riassetto manuale;
- Totalizzazione delle portate con riassetto automatico, temporizzato dalla logica del calcolo dei rendimenti;
- Calcolo dei rendimenti della caldaia;
- Regolazione di livello con strategia a tre elementi;
- Regolazione della concentrazione sali, TDS, (gestita direttamente dal regolatore dedicato) mediante controllo degli spurghi;
- Controllo dei tempi di apertura e degli intervalli di intervento della valvola di defangazione.

L'interfaccia Modbus con il quadro di comando del bruciatore gestisce tutti i segnali digitali di stato, avviso e blocco relativi al funzionamento di ciascuna caldaia:

-auto-man, stato bruciatore, blocco pressione, livello alto, basso, bassissimo, stato di funzionamento

-blocco termico motori, allarme TDS o controllore spurghi, ecc.

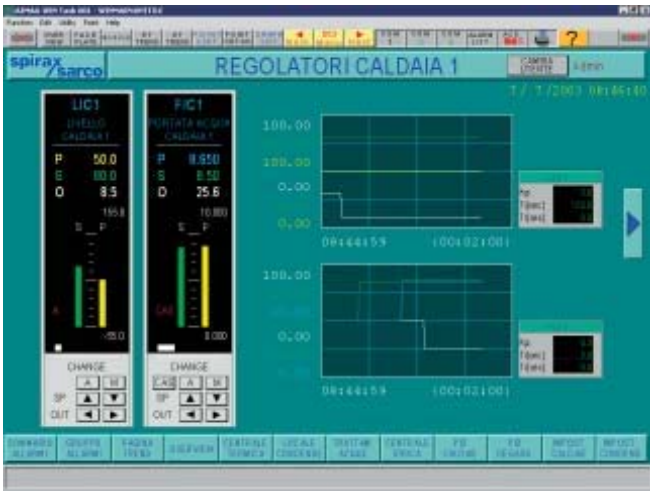
Vengono acquisiti anche i parametri relativi alla combustione di ogni singola caldaia:

O_2 - concentrazione ossigeno nei fumi,

CO_2 - concentrazione anidride carbonica,

CO -concentrazione monossido di carbonio, temperatura dei fumi, temperatura ambiente, efficienza caldaia.

Naturalmente il sistema in automatico è perfettamente operativo a mezzo delle regolazioni effettuate in campo e dalla logica di controllo e sicurezza implementata nel sistema Fieldbus e conserva tutta la sicurezza, anche con supervisione disinserita, a mezzo della logica di sicurezza, attiva anche in funzionamento manuale, evitando ogni possibile pericolosità causabili da manovre non ammesse e da errori umani.
Il sistema previsto e predisposto anche per l'eventuale futura implementazione di una conduzione automatica di avvio e sequenza caldaie con intervento modulato di comando a "sfioro di collettore" per una gestione oculata ed economica della variabilità dei consumi.



Pagina sinottica dei regolatori di caldaia

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

Ogni caldaia, a conferma dell'attenzione dedicata anche al particolare, è stata equipaggiata con apposito scambiatore refrigerante per il prelievo in sicurezza dei campioni che assicura la condensazione del vapore nascente, evitando la concentrazione dei soluti nei campioni ed assicurando di conseguenza la fedeltà e veridicità delle analisi condotte. I due rami fieldbus dedicati ai servizi si occupano della comunicazione e dei segnali da e per i regolatori e della logica prevista per la "Centrale condense" e per la "Centrale Idrica".

Il doppio sistema di raccolta e degasazione, rappresentato dalla videata "Locale Condense" prevede un sistema completo di gestione dei livelli e delle regolazioni di temperature e pressioni di degasazione, nonché della logica di comando pompe e delle sicurezze. Le condense che giungono ai serbatoi di raccolta, passano preventivamente attraverso un controllo di inquinamento che, in caso di positività, provvede alla segnalazione di allarme ed alla loro eventuale deviazione ad apposito serbatoio di stoccaggio inquinato. La degasazione è di tipo termico, effettuata con riscaldamento delle condense e dell'acqua osmotizzata di reintegro a mezzo di iniettori vapore che, oltre ad assicurare un funzionamento silenzioso e privo di vibrazioni, garantiscono una efficiente ricircolazione ed uniformità di distribuzione facilitando nel contempo lo sviluppo dell'aria. L'ingresso delle condense e dell'acqua osmotizzata avviene attraverso apposite testate di degasazione specificamente previste e calcolate. Il sistema è ingegnerizzato per effettuare la miscela dei flussi caldo e freddo in ingresso e per abbattere efficientemente il flusso della rievaporazione proveniente dall'impianto di ricupero delle condense.

Nella testata viene effettuata l'iniezione del vapore di degasazione e del flusso dell'acqua di ricircolo che scende, finalmente polverizzata in controcorrente, liberata, grazie alla temperatura ed alla turbolenza, dei gas disciolti.

La testata termina nella parte bassa, con apposito tubo diffusore che completa la diffusione e miscelazione del flusso evitando pericolosi colpi di ariete e spiacevoli vibrazioni.

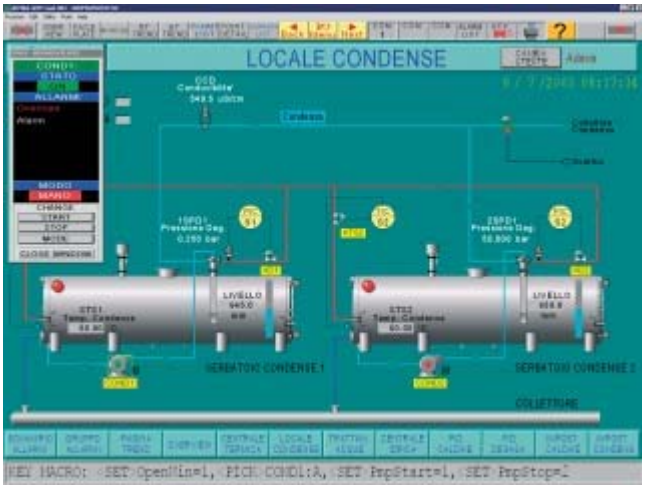
Il sistema prevede regolazioni a loop singolo ed algoritmo PID per il controllo del livello e delle temperature dei serbatoi e delle pressioni del vapore alle testate di degasazione. La logica prevede inoltre, per ciascun degasatore, gli allarmi ed eventuali blocchi, sia per funzionamento automatico che manuale, per alti o bassi livelli, per inquinamento condense e deviazione alla vasca inquinamento e per blocco motori oltre alle normali segnalazioni di stato e funzionamento. Nella sezione Fieldbus dedicata alla centrale idrica vengono raccolti i segnali provenienti dal gruppo di trattamento delle acque per l'alimenta-zione delle caldaie e dal sistema di preparazione delle acque calde per impiego sanitario.

Pagina sinottica dei parametri della caldaia

La depurazione delle acque viene effettuata con preventiva filtrazione e preliminare addolcimento mediante scambio ionico, allo scopo di evitare possibilità di precipitazioni intasanti nella successiva fase; segue poi la depurazione a mezzo di processo ad osmosi inversa. La portata produttiva di acqua depurata è mantenuta sufficientemente contenuta data l'elevata percentuale di ricupero del condensato dall'impianto (80 – 85% del vapore utilizzato).

L'impianto di trattamento acqua ha funzionamento autonomo e vengono quindi rilevate ed inviate alla supervisione la portata dell'acqua osmotizzata con relativa totalizzazione, il suo PH e la conducibilità per la determinazione del contenuto salino residuo.

Il sistema gestisce naturalmente le logiche riguardanti le pompe di prelievo, le logiche di sicurezza e gli allarmi.

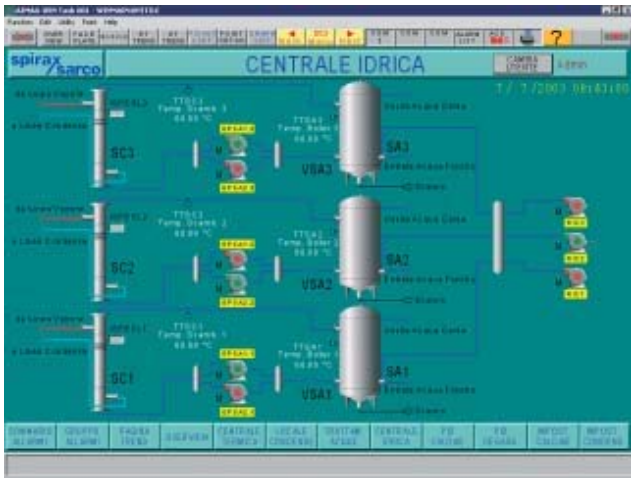


Videata complessiva stoccaggio e degasazione acqua di alimento

Per la sezione produzione acqua calda per i servizi sanitari, si evita la produzione con bollitori tradizionali, caratterizzati da basse velocità di circolazione che sono causa di bassi coefficienti di scambio termico e che favoriscono zone di ristagno

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.

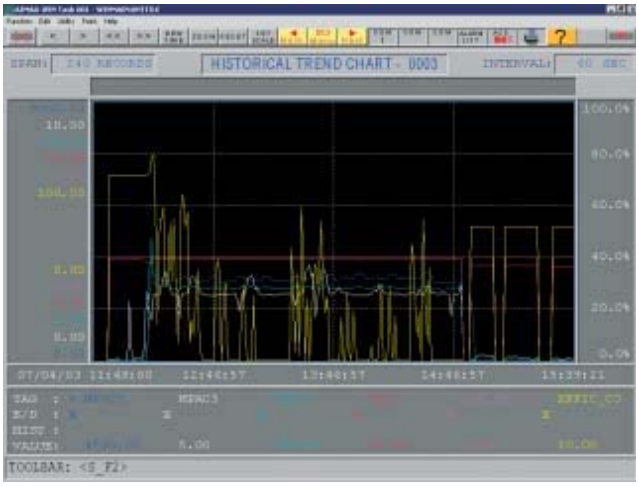
con conseguenti possibili proliferazioni batteriche (salmonella in particolare).
Si preferiscono complessi costituiti da scambiatori di calore di tipo istantaneo a tubo corrugato tipo "turflow", in circuito chiuso con serbatoio di accumulo e circolazione continua attivata a mezzo pompa come rappresentato dalla videata della "Centrale Idrica"; la soluzione con scambiatori a tubo corrugato assicura la massimizzazione dei coefficienti di scambio e la massima resa termica del gruppo. Particolare cura deve essere data al dimensionamento assicurando elevata turbolenza fornita dalla corrugazione dei tubi costituenti il fascio tubiero e mantenendo velocità di attraversamento tali da assicurare regimi di autopulizia (situazione creata dalla combinazione velocità - turbolenza).
Il sistema è comunque predisposto e previsto per l'effettuazione di cicli periodici di sanificazione ad alta temperatura.



Videata complessiva della centrale idrica

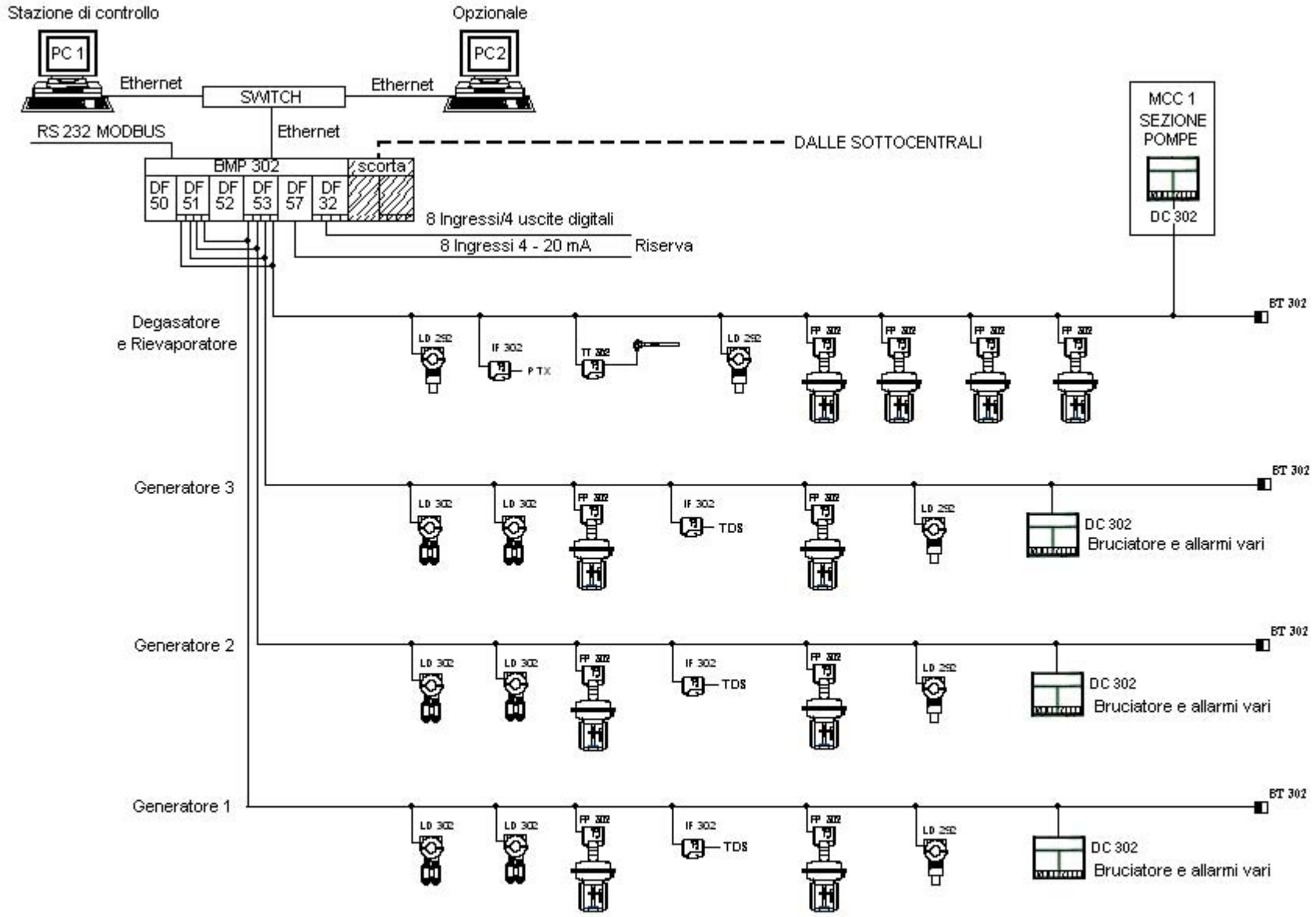
La produzione di acqua calda viene effettuata da più gruppi di scambio termico vapore/acqua e di eguale numero di serbatoi di stoccaggio dei quali si controlla e si monitorizzano le temperature di uscita dagli scambiatori di calore e le temperature dei relativi accumuli.
L'apertura e la regolazione delle valvole poste sul vapore presuppone il consenso dato dal funzionamento delle pompe di circolazione primaria ed è sottoposta all'eventuale blocco proveniente dai termostati di protezione di prescrizione ISPESL:
regolazione locale con acquisizione dei parametri di funzionamento e delle segnalazioni di allarme ed eventuali blocchi.

I parametri fondamentali di funzionamento dell'intero impianto e dello stato delle principali apparecchiature e degli allarmi vengono acquisiti dall'apposito interfaccia Modbus e trasmessi al DCS gestionale dell'Ospedale.
Il vapore saturo generato dalla Centrale Termica, oltre ai servizi di centrale termica, di degasazione, di centrale idrica, viene inviato alla distribuzione per i vari servizi delle cucine, di sottocentrali per alimentare gli scambiatori di calore vapore/acqua per i sistemi di climatizzazione e per l'alimentazione di **Generatori indiretti di vapore Pulito per l'umidificazione dell'aria di climatizzazione e per i processi di sterilizzazione:** altri importanti settori dove la collaborazione tra progettista installatore e produttore delle apparecchiature diventa basilare per un corretto impiego e l'ottenimento dei migliori risultati. Vorremmo a questo punto evidenziare come la **collaborazione offerta** da Spirax Sarco ai suoi clienti, nelle varie fasi di sviluppo degli impianti, dal principio alla fine, può dare una **incredibile continuità e valide linee guida all'intero lavoro**, dalla progettazione all'installazione, dall'avviamento alla ottimizzazione successiva in esercizio. E' una collaborazione che sempre più viene apprezzata e che ci permette di guadagnare la fiducia e la stima di chi ci permette di collaborare.



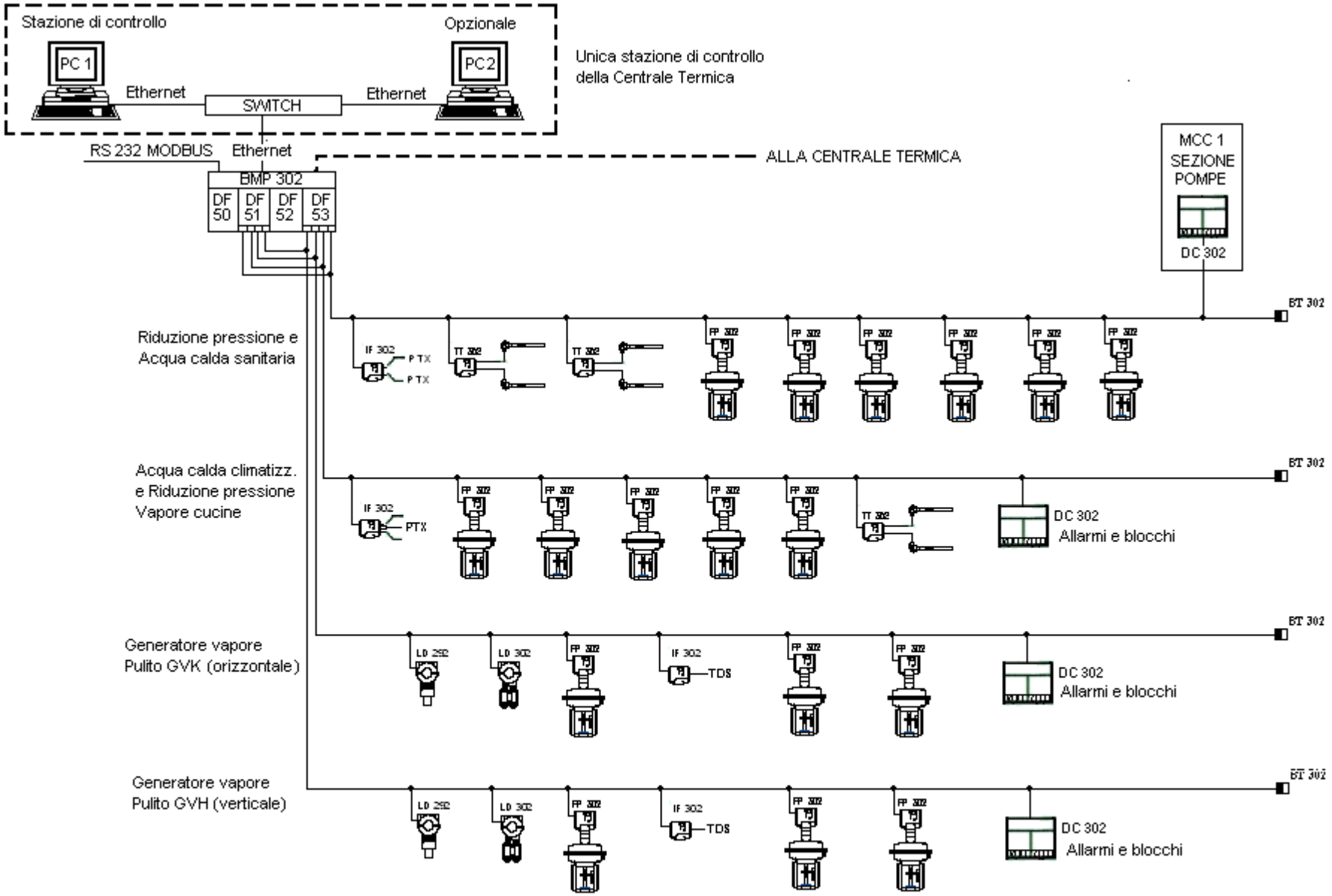
Informazioni dall'archivio storico

 © Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



CENTRALE TERMICA

© Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.



SOTTOCENTRALI ACQUA CALDA, CUCINE, VAPORE PULITO

© Copyright 2004 Spirax-Sarco s.r.l.